



한-EU



공동연구

수행사례집

— Korea-EU Research Centre —



National Research
Foundation of Korea



한국 연구자들에게 EU의 연구혁신프로그램은 EU 27개 회원국의 우수 연구자 및 양질의 연구 인프라에 접근할 수 있는 가장 효율적이고 확실한 통로이다. 또한, 이 프로그램은 EU 회원국뿐만 아니라 준회원국, 여타 제3국과의 국제협력 기회를 제공함으로써 각 나라의 우수성을 기반으로 한 시너지 창출 기회를 제공한다.

EU의 연구혁신 프로그램은, 전 세계가 당면한 사회적 과제(지구 온난화, 재생에너지, 빈곤 및 식량난, 고령화 사회 등) 해결이라는 공동의식을 바탕으로 구성된 바, 간과되기 쉬운 과학기술 분야의 필요성 및 중요성을 재조명하는 동시에, EU 주도의 국제협력을 통한 글로벌 난제 해결을 꾀하는 EU의 전략을 반영하고 있다.

이러한 의미에서 EU의 연구혁신 프로그램은 국내 우수 연구자들이 기량을 발휘할 수 있는 다양한 환경을 제공하여 연구자들의 역량 강화 및 국내 성과 창출에 직접적인 촉매제 역할을 할 수 있을 뿐만 아니라, 국내 과학기술 환경 및 정책 개선을 위한 효과적 비교분석 대상이 될 수 있다.

과학기술정보통신부와 한국연구재단의 지원으로 2013년 벨기에(브뤼셀)에 개소한 한-EU연구협력센터(KERC, Korea-EU Research Centre, 이하 센터)는 한-EU 연구협력 증진을 목적으로 한국 연구자들의 EU 연구혁신 프로그램(現 Horizon 2020) 참여를 장려/지원하고 있다.

센터는 이를 위해 뉴스레터, 홈페이지 등을 통한 과학기술분야 최신동향 및 정책 분석자료 배포, 컨소시엄 구성을 위한 매치메이킹 지원 등의 서비스를 지속적으로 제공해 오고 있다.

동 사례집은 연구재단의 ‘한-EU 공동연구지원사업’과 ‘EU 협력진흥사업’에 참여한 연구자들의 경험 공유를 통해 한-EU 국제협력 성과를 알리고, 향후 한-EU 연구협력을 희망하는 연구자들에게 실천적 가이드를 제공하기 위해 발간되었다.

발간 작업에 흔쾌히 참여해주신 모든 저자분들께 깊은 감사의 말씀을 올리며, 사례집에 담긴 연구자들의 사례가 새로운 협력 파트너로서의 EU를 재조명하고, 향후 EU와 협력을 희망하는 연구자들에게 좋은 길라잡이가 되기를 희망한다.

한-EU 연구협력센터(KERC) 센터장

김 면 중

관련 프로그램 정보

한-EU 공동연구지원사업

EU Horizon2020 컨소시엄으로 참여하는 국내 연구자들에게 대한 지원을 통한 핵심 원천기술 확보 및 다자간 국제협력 네트워크 구축

- + 지원분야 : EU Horizon 2020 관련 전 분야
- + 지원기간 : 2~4년
- + 지원예산 : · 공동연구 : 연 150백만원 이내
· 인력교류 : 연 50백만원 이내

EU 협력진흥사업

EU Horizon 2020에의 국내 연구진 참여 준비활동(연구 주제 사전검토, 컨소시엄 구성 등) 지원을 통한 한-EU 협력 촉진

- + 지원분야 : EU Horizon 2020 관련 전 분야
- + 지원기간 : 1년
- + 지원예산 : 연 25백만원 이내



» 한-EU공동연구지원사업

1. 한-EU-아시아 재생의학 국제 공동연구 Regenerative Medicine Innovation Crossing - Research and Innovation Staff Exchange in Regenerative Medicine (REMIX)	강길선 - 전북대학교	08
2. 고성능 방사선 입자 검출기 개발을 위한 EU AIDA-2020 협력 연구 Advanced European Infrastructures for Detectors at Accelerators (AIDA-2020)	김도원 - 강릉원주대학교	20
3. 염증성 대장암 발암인자로서의 syndecan-2 기능 연구 Role of syndecan-2 during colitis-induced colon cancer formation (GLYCANC)	오역수 - 이화여자대학교	26
4. 축산 시설로부터 발생하는 암모니아 및 온실 가스 배출량 기준 정립 Ammonia and greenhouse gases emissions from animal production buildings (LivAGE)	이인복 - 서울대학교	36
5. 제4세대 내열강 용접재료의 고온 거동 실험 및 해석 Experiment and analysis on high temperature behavior of Generation IV heat resistant welded material (GEMMA)	이형연 - 한국원자력연구원	44

» EU협력진흥사업

1. 치매 예방을 위한 프로토콜 기반 신체활동(Physical activity) 중재 어플리케이션 개발 Development intervention application using protocol based physical activity for the prevention of dementia	김형숙 - 한양대학교	58
2. 첨단 에너지·환경 분야 응용의 바이오매스 기반 나노소재 개발을 위한 한-EU 네트워크 구축 Korea-EU Network Establishment for Biomass based Nanomaterial development for Advanced Energy and Environmental Applications	한성욱 - 한국에너지기술연구원	74

» 한-EU 공동연구 수행사례집 «

한-EU 공동연구 지원사업



- 01** 한-EU-아시아 재생의학 국제 공동연구
강길선 · 전북대학교
- 02** 고성능 방사선 입자 검출기 개발을 위한 EU AIDA-2020 협력 연구
김도원 · 강릉원주대학교
- 03** 염증성 대장암 발암인자로서의 syndecan-2 기능 연구
오억수 · 이화여자대학교
- 04** 축산 시설로부터 발생하는 암모니아 및 온실 가스 배출량 기준 정립
이인복 · 서울대학교
- 05** 제4세대 내열강 용접재료의 고온 거동 실험 및 해석
이형연 · 한국원자력연구원

01

한-EU-아시아 재생의학 국제공동연구



사업기간 2017.12.01 ~ 2021.11.30 사업비 200백만원

작성자 전북대학교 | 강길선

1 연구과제 개요

» 조직공학 및 재생의학 분야는 인류의 노령화와 삶의 질 향상에 따라 빠른 속도로 성장하고 있는 추세로, 이를 개발하고 발전시키기 위해서, 기초/공학/의학 등의 학제간 연구는 필연적이며, 세계수준의 공동연구가 반드시 필요하다.

• “조직 공학 및 재생 의학(Tissue Engineering and Regenerative Medicine, TERM)”은 지지체에 세포를 파종하고, 성장 인자 등과 같은 신호 분자를 사용하여, 신체의 자가 치유력 및 조직의 손상 치료 및 장기를 대체 하거나 재생시켜 원래 기능을 회복하기 위한 의학 분야로 20년 전에 나타난 새로운 분야이다. 최근에 조직 공학 분야의 빠른 성장으로, 시장에 관련 제품이 출시되면서, 손상된 조직/기관을 대체 할뿐만 아니라, 질병 및 약물 검사를 위한 플랫폼으로 사용되고 있다.

» 유럽 H2020-MSCA-RISE-2017의 REMIX(number: 778078)과제는 2017년 7월에 선정되었으며, 유럽측 이탈리아 Trento대학교 (UNIT, Antonella Motta, Claudio Migliaresi 교수), 포르투갈 Minho대학교 (UMINHO, Rui. L Reis 교수), 한국측 전북대학교 (CBNU, 강길선 교수), 태국측 Chulalongkorn대학교 (CHU, Sorada Kanokpanont 교수), 몽골측 Mongolian University of Science and Technology (MUST, Sarantuya Tsedendamba 교수)의 대학 간 협동 연구를 통해 생체재료 및 재생의학의 상호 협력 관계를 구축하고자 하였다.

» 우리나라의 국제 경쟁력을 증대시키기 위해서, 연구 인력양성과 세계수준의 외국 대학과 연구 네트워크 구성은 매우 중요하다. 따라서 우수한 유럽 대학 및 천연 생체 재료 자원이 풍부한 아시아 대학과의 공동 연구는 생체재료, 재생의학 연구 분야에서 우리나라를 세계적 수준으로 발돋움하기 위한 과정으로, 연구 허브 구축에 기여하기 위해 참여하게 되었다.

2 참여 동기

» 조직 재생 치료를 구현하기 위해, 각자 다른 연구 배경을 구성하고 있는 연구팀의 학제간 공동 및 협동 연구가 필요하며, 이를 위한 인력 교류는 필수적이다. 노화 및 질병으로 인한 골/연골 관련 질환은 전 세계적으로 공통으로 일어나는 현상이기 때문에, 이러한 문제점에 대한 국제적 공동 인식 및 협력이 필요하다. 국내 단독연구는 특정 연구 환경에 국한될 수밖에 없기 때문에, 다양한 기회를 통한 시야 확장이나 풍부한 결과 도출을 기대하기는 어렵다. 하지만, 국제공동연구를 통해, 국제적인 안목을 기를 수 있으며, 서로 간에 부족한 기술 및 지식, 다양한 환경 기반 인자들을 보고 듣고 경험할 수 있는 기회가 될 것이라 판단하였다.

» 이탈리아 UNITN의 Antonella Motta, Claudio Migliaresi 교수팀은 실크를 사용한 생체재료 분야에서 두각을 나타내고 있으며, 본 연구팀과는 2013년부터 협력관계를 지속해 오고 있다.



2013년, TERMSTEM2013
포르투갈



2014년, TERMIS EU
이탈리아



2014년, VI Congress BIOMAT
2014 쿠바

사진 1 이탈리아 Antonella Motta, Claudio Migliaresi 교수와의 학회를 통한 지속적 교류

» 포르투갈은 유럽의 관문으로 오래전부터 줄기세포·재생의료용 생체재료에 두각을 나타내고 있으며, 포르투갈 UMINHO의 Rui Reis교수와의 교류는 2005년 강길선 교수의 포르투갈 브라가 소재 미뉴대학 방문으로 시작되었다. 2008년 전북대학교 석사과정의 김초민 학생과 2010년 김선경 학생이 Rui교수 연구실에서 각각 1년 동안 공동연구를 수행하였으며, 2017년에는 김다윗, 조훈휘 학생이 공동연구를 수행하였다. 이들의 결과로 2편의 논문게재, 2편의 논문게재 승인 및 3건의 book chapter가 발간되었으며, 총 14회(2017년 기준)의 양측공동상호방문을 하였다. 또한 Rui Reis교수는 2009년도에 시작한 WCU 프로그램에 초빙교수로 참여하였고, 2013년에 글로벌 BK-21플러스 사업에도 참여하였다. 또한 2014년 9월에는 전북대학교에 명예교수로 임명되었다. (사진2)



사진 2 2014년 9월 전북대에서 거행된 Rui Reis 교수의 명예교수 수여식

또한, 2017년 서울 KIST에서 개최한 International Symposium on Frontiers in Biomedical Polymer (FBPS)국제 심포지엄, 이탈리아 Riva del Garda Resort에서 열린 국제공동연구, 몽골 울란바토르 워크샵을 통한 상호 의견 교류를 꾸준히 지속하였다.



2017 FBPS 2017 이탈리아 국제공동연구 2017 몽골 워크샵

사진 3 이탈리아 Antonella Motta, Claudio Migliaresi 교수 및 포르투갈 Rui Reis교수와의 학회를 통한 지속적 교류

CHU와 MUST는 현재 UNITN에 각각 실크 피브로인과 낙타 유래 콜라겐, 캐시미어, 울 등의 생체 재료를 제공하여, 조직 공학적 공동연구를 진행하고 있다. 이러한 상호 공동연구 네트워크를 기반으로 본 과제(인력교류)를 제안하게 되었다.

본 과제를 통해, 연구팀은 이탈리아 측의 실크 가공 기술 비교/습득/공유하고, 아시아국(몽골, 태국)에서 가공한 생체 재료를 통해 골/연골 재생을 위한 지지체를 제작하고, 이의 특성을 평가하는 등의 연구를 진행하고자 하였다. 이는, 상호간의 연구결과를 증폭시키고, 향상시킬 수 있는 좋은 기회가 될 뿐만 아니라, 어깨를 나란히 할 수 있는 절호의 기회가 될 것이라 판단하였기 때문이다.

3 참여 과정

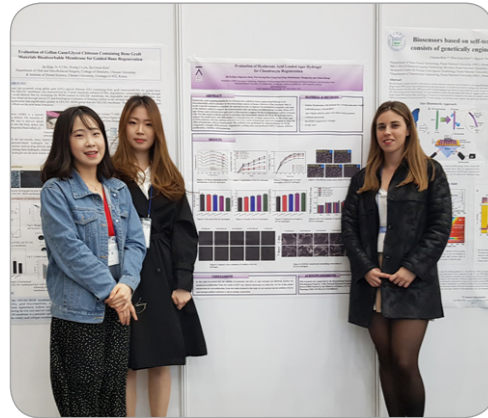
1차 년도에는 재생의학 분야에 적용하기 위한 천연 유래 생체 재료 개발, 응용에 대한 연구 및 동물 실험 대체, 임상에 적용 가능한 in vitro 유효성 확립 연구 등을 위한 공동연구 및 인력 교류를 목표로 연구를 수행하였다.

- 천연재료 선택 및 가공과 지지체 제작 기술 개발을 위해, 오골계에서 탈미네랄화된 뼈입자(DBP)를 제조하였고, 제작된 오골계 탈미네랄화 골분(GDD)를 이용하여, 농도별로 GDD 지지체를 제작하여, 물리화학적 특성평가(FT-IR, 압축강도, SEM 등)를 실시하였다. 또한 BMSC를 파종하여, MTT 및 ALP를 측정하였으며, RT-PCR을 통해 골분화 및 염증발현을 확인하였다. 이외 2% 아가와 0%, 0.25%, 0.5%, 1% 히알루론산을 혼합한 하이드로젤을 제작하여 연골재생을 확인하였으며, BMSC에 miR-30a를 트랜스펙션시킨후, 실크/젤란검 하이드로젤에 파종하여 연골화를 확인하였다. 이를 통해 천연 유래 생체재료를 개발하고, in vitro 유효성 확립연구를 실시하였다.
- 공동연구를 위해 포르투갈의 박사과정생인 Isabel oliveira, 이탈리아의 Cristiano Carlomagno, Devid Maniglio, Alessio Bucciarelli 총 4명의 연구원이 전북대학교에서 각각 알지네이트, 콜라겐, 실크, 젤란검 등을 이용하여, 골 및 연골 재생을 하기 위한 연구를 진행하였다. Alessio Bucciarelli는 실크를 메타아크릴레이트로 UV 가교시킨 스펀지의 특성분석에 대한 논문을 게재하였다. (ACS Biomaterials science & engineering 2019, 5, 6374-6388) 또한, 조훈휘, 김다윗 연구원이 포르투갈에 3개월 동안 파견되어, 젤란검과 오골계 탈미네랄화골분을 이용한 연구를 실시하였다.
- 국내에서 국제심포지움을 1회 개최(AUSBME 2018, 경희대학교 치의과대학, 2018년 7월 5일~7일)하였으며, 이탈리아에서 summer school(이탈리아 트렌트, 2018년 6월 17일~6월 23일)을 1회 개최하였다. 연구진행 확인을 위해 한국에 포르투갈 Rui Reis교수가 방문하였으며, 강길선교수는 포르투갈에 2차례 방문하여, REMIX과제 진행사항에 대해 논의하였다.



(a) Antonella Motta교수의 전북대 강연

(b) Cristiano Carlomagno와 전북대 연구원



(c) Isabel oliveirad와 생체재료학회참석



(d) 포르투갈 3B's research에서 조훈휘, 김다윗 및 포르투갈 연구원들

사진 4 1차년도 국내·외 공동연구 활동

▶ 2차 년도에는 지지체 특성 및 세포와의 상호작용을 조사하고 학생 교류 정기 세미나 연구 진행사항 확인을 세부 목표로 연구를 수행하였다.

- 2종 이상의 제작방법을 통한 천연 유래 지지체 제작을 위해, 광가교 이중 네트워크 젤란검/콘드로이틴 설페이드 하이드로젤을 제조하였다. 제조한 하이드로젤의 물리적 특성평가를 위해 NMR, FT-IR, 압축강도 등의 분석을 실시하였으며, 그 결과 2% 메타크릴화된 젤란검과 4% 메타크릴화된 콘드로이틴 설페이트인 MG2-MC4군이 다른 군들보다 물리적 특성이 우수함을 확인하였다. 또한, 인삼이 포함된 GG/PEG/HAp지지체를 제작해서, GG/PEG 조건은 같게한 후 HAp의 농도와 인삼의 유무에 따른 연골 재생능력을 확인한 결과, 20% HAp와 인삼이 포함된 지지체에서 연골증식이 다른 군보다 우수한 것을 확인하였다. 실크 피브로인 스펀지의 가교법을 달리하여 제작한 지지체의 골재생 연구에서는 메타아크릴레이트 실크 피브로인 스펀지(met-SF)가 염추출법을 이용해 제작한 SL-SF보다 골수유래줄기세포의 증식률이 더 높았고, ALP분석에서도 골재생이 더 우수하다는 결과를 확인할 수 있었다.
- 공동연구를 위해 포르투갈의 박사과정인 Isabel oliveira, 이탈리아의 Silvia Chiera, Sofia Santi 총 3명의 연구원이 전북대학교에서 메타아크릴레이트 실크 피브로인, 콜라겐, 히알루론산등을 이용하여, 골 및 연골재생을 하기위한 연구를 진행하였다.
- 국제심포지움은 이탈리아에서 개최하였으며(Silk 2019 Conference, 이탈리아, 트렌트대학, 2019년 6월 11일~18일), summer school은 몽골에서 개최되었다(몽골 울란바토르, 몽골과학기술대학, 2019년 9월 9일~15일).



(a) REMIX과제에 참여중인 국내·외 연구원들의 이탈리아 실크 학회 참석



(b) 포르투갈 3B's research에서 송철의, 최주희 및 포르투갈 연구원들



(c) 이탈리아 Trento대에서 김남영, 정용운 및 이탈리아 연구원들



(d) 이탈리아 Trento대 및 국내 연구원들

사진 5 2차년도 국내·외 공동연구 활동

▶ 3차 년도인 2020년도에는 코로나 19여파로 인해 국내외 연구진 교류를 못하고 있는 실정이다. 그러나, 이탈리아와 포르투갈 측에서 전수받은 실크 정제 기술 및 광가교 방법을 이용하여 실험을 진행하고 있다.

4

주요 산출물(정량 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과(기술 확보 등)

표 1 과학기술/학술적 연구성과

과학기술/학술적 연구성과(단위: 건)													
전문학술지 논문게재				초청강연 실적	학술대회 논문발표		지식재산권				수상실적	출판실적	
국내논문		국외논문			국내	국제	출원		등록			지역서	보고서
SCI	비SCI	SCI	비SCI				국내	국외	국내	국외			
4	0	5	0	0	5	7	1	0	0	0	0	0	0

- MATERIALS SCIENCE & ENGINEERING C-MATERIALS FOR BIOLOGICAL APPLICATIONS, JOURNAL OF BIOMEDICAL MATERIALS RESEARCH PART A 등의 SCI급 저널에 총 9편, 학술대회 논문 발표 총 12건, 국내 특허 출원 1건 (오골계 DBP를 포함하는 젤란검 하이드로겔 조성물 및 이의 용도, 2018년 10월 17일) 등의 실적을 발표하였다.

표 2 국제협력

국제협력(단위: 명, 건)					
과학자교류		국제협력기반			학술회의개최
국내과학자 해외파견	외국과학자 국내유치	MOU체결	국제공동연구	국제사업참여	학술회의개최 (국내,국제 통합)
14	8	2	0	0	1

● 포르투갈 미노대학과 이탈리아 트렌트대학과 각각 MOU를 체결하여 총 2건의 MOU를 체결하였으며, 1건의 국제학술회의 (3rd Asian University Symposium for Biomedical Engineering 2018) 개최하였다.

표 3 국내외 과학자교류 성과정보

국내외 과학자교류 성과정보								
파견/유치 기간	인력 교류 구분	파견/유치 연구자					파견 국가 유치자 국적	파견 유치 목적
		성명	소속기관	직위	최종 학위	전공		
20171201~20180226	해외 파견	조훈휘	전북대학교	대학원생	학사	조직공학	유럽	공동 연구

국내외 과학자교류 성과정보								
파견/유치 기간	인력 교류 구분	파견/유치 연구자					파견 국가 유치자 국적	파견 유치 목적
		성명	소속기관	직위	최종 학위	전공		
20171201~20180226	해외 파견	김다윗	전북대학교	대학원생	학사	조직공학	유럽	공동 연구
20171228~20180216	해외 파견	강길선	전북대학교	교수	박사	조직공학	유럽	공동 연구
20180303~20180601	국내 유치	Cristiano Carlomagno	University of Trento	대학원생	박사	조직공학	유럽	공동 연구
20180628~20180803	국내 유치	Devid Maniglio	University of Trento	교수	박사	조직공학	유럽	공동 연구
20180902~20181130	국내 유치	Alessio Bucciarelli	University of Trento	대학원생	박사 수료	조직공학	유럽	공동 연구
20180902~20181130	국내 유치	Isabel maria Lopes de matos oliveira	University of MINHO	대학원생	석사	조직공학	유럽	공동 연구
20181025~20181031	국내 유치	Antonella Motta	University of Trento	교수	박사	조직공학	유럽	공동 연구
20190121~20190219	해외 파견	강길선	전북대학교	교수	박사	조직공학	이탈리아	공동 연구
20190308~20190717	해외 파견	이원찬	전북대학교	대학원생	학사	조직공학	포르투갈	공동 연구
20190308~20190717	해외 파견	송철의	전북대학교	대학원생	학사	조직공학	포르투갈	공동 연구
20190308~20190718	해외 파견	김남영	전북대학교	대학원생	학사	조직공학	이탈리아	공동 연구
20190308~20190718	해외 파견	정용운	전북대학교	대학원생	학사	조직공학	이탈리아	공동 연구
20190314~20190611	국내 유치	Isabel maria Lopes de matos oliveira	University of Minho	대학원생	석사	조직공학	포르투갈	공동 연구
20190324~20190328	해외 파견	강길선	전북대학교	교수	박사	조직공학	포르투갈	공동 연구
20190415~20190715	해외 파견	조훈휘	전북대학교	박사과정 대학원생	석사	조직공학	이탈리아	공동 연구
20190415~20190715	해외 파견	최주희	전북대학교	박사과정 대학원생	석사	조직공학	포르투갈	공동 연구
20190531~20190701	해외 파견	THANGAVELU MUTHUKUMAR	전북대학교	postdoc	박사	조직공학	이탈리아	공동 연구
20190601~20190618	해외 파견	강길선	전북대학교	교수	박사	조직공학	이탈리아	정보 교환
20190601~20190701	해외 파견	송정은	전북대학교	연구 조교수	박사	조직공학	포르투갈	공동 연구
20190907~20191205	국내 유치	Sofia Santi	University of Trento	대학원생	석사	조직공학	이탈리아	공동 연구
20190907~20191205	국내 유치	Silvia Chiera	Univeristy of Trento	대학원생	석사	조직공학	이탈리아	공동 연구

5

참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

» 한-EU 공동연구 수행의 장단점

- 국내 연구진들이 해외기관에서 연구 시, 연구 장비 및 기자재 실습 시험 및 평가 수수료 후, 실험을 시작해야한다. 기자재 실습 시험 및 평가 수수료 후에는 기기사용이 자유롭지만, 그 전에는 다른 연구원들의 도움을 받아야하기 때문에 실험 진도가 늦어지는 단점이 있다. 또한, 일과 시간 이후에는 사전 허가를 받아야 잔류할 수 있기 때문에, 실험을 다 못 하는 경우, 끝마치고 다음 날 실험해야한다는 단점이 있다.
- 연구원의 실험스케줄에 따른 출퇴근이 자유롭고, 기기 사용방법도 연구원 개개인이 조절 할 수 있어, 개인 역량 향상 및 자율 관리하는 시스템이 인상 깊었다.

6

기관 및 연구책임자 소개

(1) 주요 연구책임자

» UNIT의 Antonella Motta 교수 (유럽 측 컨소시엄 코디네이터, 책임자)

- 이탈리아 트렌트대학교 재료공학과 교수로, 주요 연구 분야는 심장과 뇌기능 관련 연구를 진행하고 있다. 지난 몇 년 동안 임상 적용을 위한 단백질 기반 지지체의 TERM 설계 및 in vitro에서 특정 TERM경로 유도에 대한 연구를 진행하고 있다. 또한, In vitro/in vivo에서 줄기 세포의 혈관 신생화를 유도하기 위해 지지체의 가공, 제조 및 생물학적 설계를 하였으며, 세포가 캡슐화된 지지체에서의 세포 생존 및 대사 회복과 관련한 조사를 통해 우수한 연구 결과를 발표하고 있다.
- 현재 130여건 논문, 6개의 chapter, 5건의 국제 특허 등을 보유하고 있으며, Biomaterials Science 저널의 편집장, J. of Bioactive and Compatible Polymers의 부편집장, 여러 저널의 편집 위원이며, 주요 TE 회의의 기조연설자이다.

» UMINHO의 Rui. L Reis (유럽 측 부책임자)

- 포르투갈의 미뇨대학교 교수로써, 인간의 줄기 세포 조작 및 분화뿐만 아니라 새로운 생분해성 물질 또는 생체 모방 물질 개발을 하고 있으며, 근골격계 및 피부 조직 재생 등에 관련된 임상 응용, 즉 인간 조직 또는 장기의 재생, 약물/기타 생리 활성제 등을 연구하고 있다.

- 포르투갈 국립연구소(ICVS/3B'S Associate Laboratory) 및 유럽의 13개국 22기관과 연구를 수행하는 European Institute of Excellent on Tissue Engineering & Regenerative Medicine (유럽 조직공학·재생의학 초일류연구소, EIE-TERM)의 CEO이며, 세계조직공학재생의학 학회(TERMIS)의 세계회장을 역임하였다. 3B's Research Group은 재생 의학 관련 분야의 선도 그룹에 속하며, 유럽 TERM분야에 강력한 영향력을 가지고 있다.
- 주요 연구업적으로 1,137여건 논문, 55,300회 이상의 인용 횟수, H-index>113, 60여건이 넘는 특허 등록건수, FoReCast 그랜트를 비롯한 약 7백만 유로를 상회하는 규모의 연구를 진행하고 있으며, 생체재료 분야의 최고의 상인 Clemson Award를 수상하였다. 또한, 3개의 스피노프 회사인 Stematters(www.stematters.com), isurgical3d(www.isurgical3d.com) 및 Bn'ML(www.bnml.eu)를 가지고 있으며, Stemmatter사의 CSO이다.

» UNITN의 Claudio Migliaresi 교수

- 이탈리아 트렌트대학교 재료공학과 교수로, 약 30년간 생분해성 고분자와 복합체, 단백질 상호 물질을 기반으로 한 생체 재료 분야를 연구하고 있다. 고체 물질 과학과 공학에 대한 배경 지식을 통해 3D 지지체, 필름, 겔 그리고 주입형 겔을 포함해서 단백질 유래의 실크 기반 연구에 전문가이다. 또한 이를 통해 세포 부착, 증식, 분화, 활성을 유도하는 가능성이 있다는 것을 입증하였다.
- 190여건 논문(Scopus에 136편 등록), H-index=32, 16여건이 넘는 특허 등록건수를 보유하고 있으며, AIRI "Oscar Masi"(1994) 수상했으며, EU와 호주정부에서 산업공학부 BEAM 프로젝트를 수여받았다.

» CHU 대학의 Sorada Kanokpanont 교수

- 태국 출라롱콘대(CHU) 화학 공학과 조교수로 생분해성 재료, 조직공학, 의약품, 화장품 및 식품분야를 연구하고 있다. 현재 태국에서 TERM 관련 많은 프로젝트를 진행하고 있고, 생체 재료 관련된 국제회의에서 좌장 및 위원장을 맡고 있으며, ISI 기반 저널의 reviewer로 활동하고 있다. 또한 International Scientific Journals에서 45 건의 논문 게재하였으며, 5건의 태국 특허를 가지고 있다.

» MUST 대학의 Sarantuya Tsedendamba 교수

- 몽골 과학기술대(MUST) 교수이며, 현대 기초공학을 위한 유체 역학분야를 연구하고 있다. EURASIA-PACIFIC UNINET의 National Coordinator와 BTG, OMS, SAT 및 GATE Erasmus Mundus 프로젝트의 코디네이터를 맡고 있다.



그림 1 국내·외 주요 과제 책임자

(2) 과제 책임자 및 참여 연구원

표 4 참여기관 및 참여연구원 현황

성명(Name)	소속/부서 (Affiliation/ Department)	직위 (Position)	전공분야 (Field of Study)
Antonella Motta	University of Trento/ Industrial Engineering	Assistant Professor	생체재료, 생체재료 기반 단백질, 세포, 조직공학
Claudio Migliaresi	University of Trento(UNITN)/ Materials Science and Technology	Professor	생분해성 고분자, 합성 고분자 등 생체재료 연구
Devid Maniglio	University of Trento	Ph D	생체재료, 센서, 바이오리액터
Walter Bonani	University of Trento	Ph D	생체재료, 생체제작

성명(Name)	소속/부서 (Affiliation/ Department)	직위 (Position)	전공분야 (Field of Study)
Rui L. Reis	University of Minho (UMINHO)	Professor	생체재료, 조직공학
Nuno Neves	University of Minho	Assistant Professor	생체조직공학, 표면공학
Natália Alves	University of Minho	Ph D	조직공학
Patricia Malafaya	University of Minho	Ph D, Assistant Researcher	조직공학
Sorada Kanokpanont	Chulalongkorn University (CHU)	Assistant Professor	천연재료, 조직공학, 약물방출
Siriporn Damrongsakkul	Chulalongkorn University	Associate Professor	천연재료, 방출조절 시스템
Juthamas Rattanawaraporn	Chulalongkorn University	Ph D	조직공학, 지지체
Pornanong Aramwit	Chulalongkorn University	Ph D	약물 응용, 생활성 분자
Jirun Apinan	Chulalongkorn University	Researcher	생체적합성, 지지체
Sarantuya Tsedendamba	Mongolian University of Science and Technology (MUST)	Professor	생체재료 모델링
Dulguun Dorjgotov	Mongolian University of Science and Technology	Ph D	단백질정제, 세포 및 분자 생물
Enkтуul Tsendeekhuu	Mongolian University of Science and Technology	Ph D	생체활성 물질, 향산화 물질
Solongo Ganbold	Mongolian University of Science and Technology	Researcher	생화학, 생체재료
Nandi-Erdene Baasandorj	Mongolian University of Science and Technology	Researcher	조직공학

02

고성능 방사선 입자 검출기 개발을 위한 EU AIDA-2020 협력 연구



사업기간 2015.05.01 ~ 2019.04.30 사업비 565백만원 작성자 강릉원주대학교 | 김도원

1 연구과제 개요

강릉원주대학교 연구진은 시간 분해능과 위치 분해능이 탁월한 다중간극 저항판 검출기를 활용하여 AIDA-2020 프로젝트 WP13의 요건들을 만족시키는 검출기 개발연구를 수행하였다. 유효 면적이 1m×1m인 다중간극 저항판 검출기를 설계, 제작하여 하전 입자 검출 효율과 시간 분해능, 입사 입자 수에 대한 특성을 측정하였다. 프랑스 Ecole Polytechnique 연구진에서 개발한 Petiroc2a 칩을 사용하여 1cm×1cm 단위의 픽셀형 신호전극으로부터 발생하는 MRPC 신호를 측정, 분석하였고, CERN에서 개발된 NINO 와 HPTDC 칩을 사용하여 0.9cm×20cm 단위의 스트립형 신호전극으로부터 발생하는 MRPC 신호를 측정하였다. 두 개의 Stack을 사용한 새로운 형태의 검출기를 환경친화적인 가스(HFO-1234ze, CF3I)로 작동시켜 특성을 측정하였다.

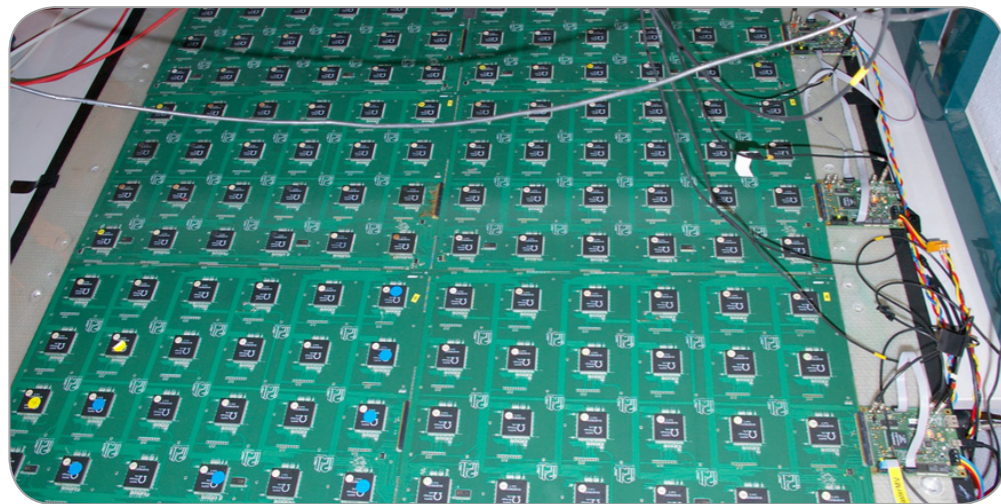


사진 1 HARDROC을 사용한 LYON DAQ board를 MRPC에 장착한 모습

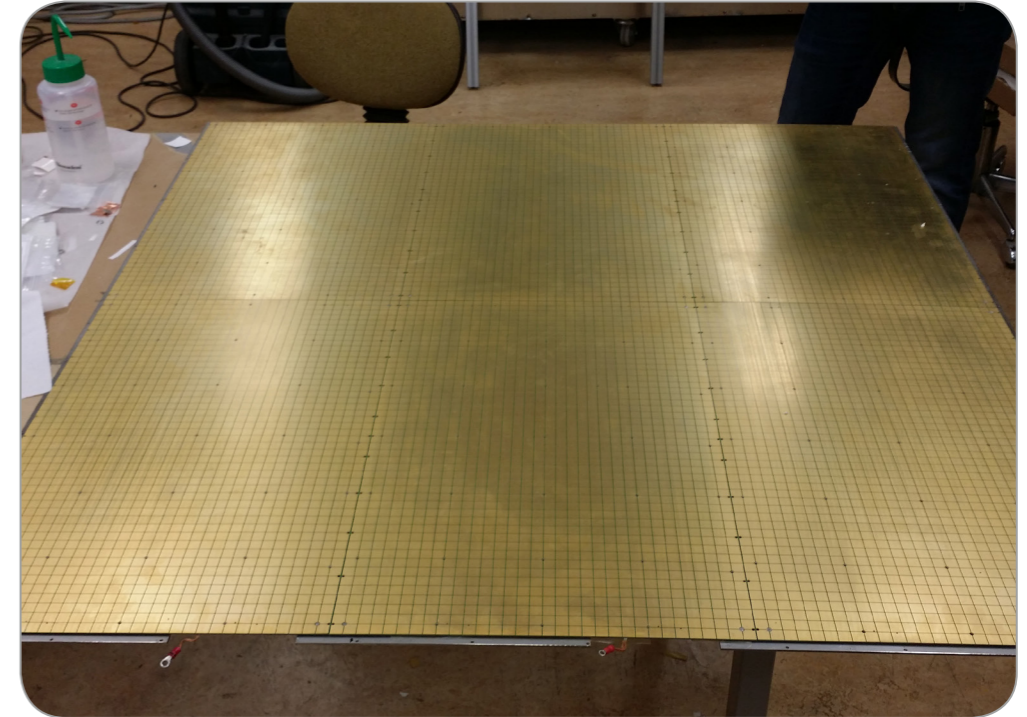


사진 2 인쇄회로기판의 신호 전극 면. 1cm × 1cm 면적의 신호전극을 96개 × 96개의 형태로 배열

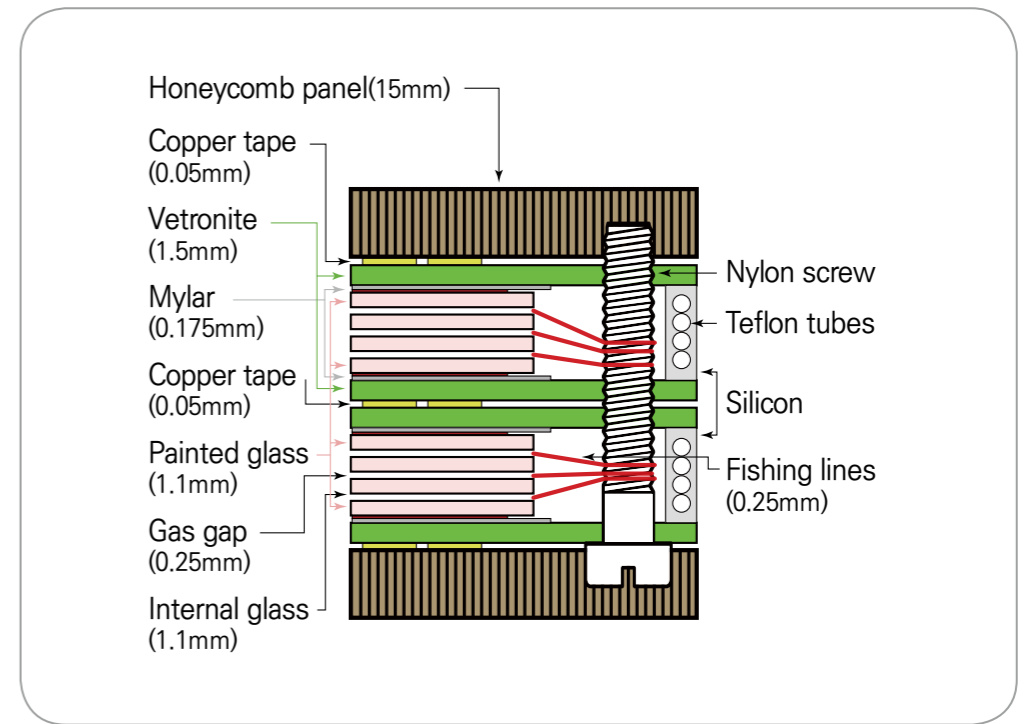


그림 1 3간극 × 2단 형태의

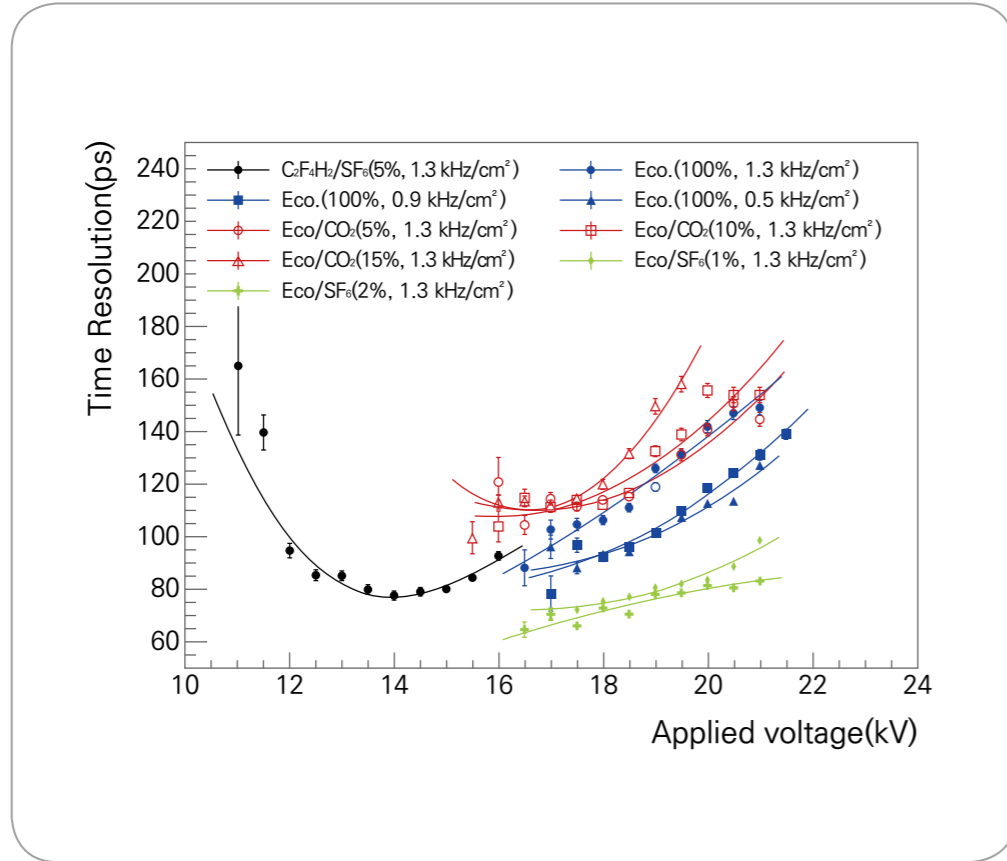


그림 2 1.3 kHz/cm²에서 측정된 시간 분해능

2 참여 동기

강릉원주대학교 물리학과는 본 연구진은 1998년부터 정밀한 시간 측정 장치인 다중간극저항판검출기(Multigap Resistive Plate Chamber, MRPC) 연구를 수행하여 단일 채널의 시간 분해능 50ps 수준의 정밀한 장치를 개발하였다. 대형 ALICE-TOF 검출기 제작 재원을 확보한 이탈리아 연구진(INFN)과 한국과학기술부의 재정 지원을 받은 강릉원주대학교의 연구진은 이탈리아 INFN-Bologna, 러시아의 ITEP-Moscow와 공동으로 16만 채널의 TOF 검출장치를 제작하여 2009년에 유럽입자물리연구소의 ALICE 검출기에 설치, 현재까지 이를 운영하고 있다. 유럽의 AIDA-2020 공동연구진의 가스검출기연구진은 MRPC 제작 및 측정 분석 기술 공동 개발에 관심을 가지고 본 연구진을 초대하였다.

3 참여 과정

- ▶ 연구책임자는 1988년부터 유럽입자물리연구소(CERN)에서 대형입자가속기를 활용하는 물리학 연구와 입자 검출기 개발 연구를 수행해 오고 있다.
- ▶ 유럽입자물리연구소의 Director of Research and Computing 이었던 Sergio Bertolucci 교수, MRPC의 발명자인 INFN-Bologna의 Crispin Williams 박사, 그리고 본 연구책임자의 미래 연구 개발 계획 논의에서 Bertolucci 교수가 강릉원주대학교의 AIDA-2020 연구 참여를 제안하였다. 당시 AIDA-2020 Consortium 대표였던 프랑스 파리대학교 LAL-Orsay 소속의 Laurent Serin 교수와 협의하였다. 가스검출기 개발 연구 WP13의 책임자인 프랑스 리옹대학교 IPN-Lyon 소속의 Imad Laktineh 교수, 이탈리아 트리에스테 대학교의 Silvia Dalla Torre 교수와 함께 강릉원주대학교의 연구 범위를 논의한 후 AIDA-2020 Consortium에 참여하였다.

4 주요 산출물(정량 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과(기술 확보 등)

- ▶ 본 연구의 수행 결과로 다음과 같은 국제학술지 논문을 게재하여 방사선 검출기 분야의 발전에 학술적으로 기여하였다.

- [1] "Study of a large size double stack MRPC with strip readout", Nucl. Instrum. Meth. A928 (2019) 89-92
- [2] "Multigap Resistive Plate Chamber read out by 1×1cm² pads with the NINO ASIC", Nucl. Instrum. Meth. A920 (2019) 115-118
- [3] "Study of the ecological gas for MRPCs", Nucl. Instrum. Meth. A927 (2019) 366-370
- [4] "Study of ageing in glass MRPCs", Nucl. Instrum. Meth. A908 (2018) 285-290
- [5] "Performance study of a large 1×1 m² MRPC with 1×1 cm² readout pads", Nucl. Instrum. Meth. A871 (2017) 113-117
- [6] "Tracking within Hadronic Showers in the CALICE SDHCAL prototype using a Hough Transform Technique", JINST 12 (2017) no.05, P05009,
- [7] "Resistive Plate Chamber Digitization in a Hadronic Shower Environment", JINST 11 (2016) no
- [8] "First results of the CALICE SDHCAL technological prototype", JINST 11 (2016) no.04, P04001

본 연구에서 개발된 새로운 구조, 즉 2-Stack의 Strip 신호선 구조의 다중간극저항판 검출기는 현재 이탈리아와 스위스에서 진행되고 있는 이탈리아 고등학교 우주 방사선 측정실험 EEE(Extreme Energy Events) 프로젝트에 적용하기에 적합한 특성을 가지고 있다. 환경친화적 가스를 사용하여 기존의 검출기를 작동시킬 때 필요한 20kV 이상의 고전압을 그 반으로 낮출 수 있다. 또한 개발된 검출기에는 개선된 가스 공급 방식이 적용되어 단위 시간당 가스 사용량이 줄고, 검출기 내 가스 흐름 분포가 동일하게 되어 검출기 효율의 위치에 따른 변동이 작아진다는 장점이 있다. 이러한 장점을 가진 본 검출기를 한국의 연구진과 이탈리아 연구진이 공동으로 EEE 프로젝트에 적합하도록 개발하는 연구가 2019년도 한-이태리 공동연구 과제로 선정되어 진행되고 있다. 또한 본 연구진은 기존 검출기 성능을 혁신적으로 향상시키는 연구 제안 AIDAnuova (meaning new AIDA)에 비-EU 국가로 참여, 아래 공고에 제안서를 제출하였다:

표 1 공고 개요

공고제목 (Call Title)	Innovation pilots
공고번호 (Call No.)	INFRINNOV-04-2020
공고 대분류 (Main Pillar)	Innovation for Detector Technologies for Accelerators
제안서 접수기간 (Opening Date ~ Deadline Date)	Opening date: 28 november 2019
예산 (Budget)	30M€

최근 한반도의 화산 활동에 대한 우려가 국내외에 알려지고 있다. 현재 급박한 분출의 신호가 보이는 것은 아니나 화산의 지질물리학적 측정 및 감시가 필요하다는 의견이 점차로 확산되고 있는 것으로 보인다. 화산의 내부 구조연구를 뮤온 검출기를 사용하여 연구하는 분야에 본 연구의 결과를 적용하는 시도를 스위스-프랑스-이탈리아-한국의 국제 연구진이 제안하게 되었다. 기존의 뮤온 검출기를 사용한 화산 토모그래피에서는 뮤온의 에너지-운동량을 정확히 측정하는 기능이 제한적이어서 낮은 에너지 뮤온의 오염에 의하여 이미지가 저하되는 것을 막을 수 없다. 이를 극복하기 위한 방법으로 시간측정기능을 도입하여 뮤온의 속도를 측정할 필요성이 제기되었다. 본 연구의 결과로 개발된 검출기의 탁월한 시간 및 위치 분해능과 넓은 면적 제작이 수월한 점을 바탕으로, 비행시간검출기 시스템을 화산 부근에 설치하여 화산 내부의 물질 밀도 측정 및 그 변화를 관찰하고자 시도하고 있다.

5

참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

» EU Horizon-2020 의 연구과제에 대한 우리나라 연구재단의 대응자금(Matching Fund)는 우리나라 연구자들의 고용과 유럽 방문 연구비용으로 자유롭게 사용할 수 있어 연구 수행에 매우 유용하였다. 또한 대응자금을 사용하여 유능한 EU의 연구자들이 한국 연구진과 공동 연구를 수행할 수 있도록 지원할 수 있어 한국과 EU 측 연구자들이 매우 긴밀한 관계를 유지하며 연구를 수행할 수 있었다. 국제공동연구 활동에 대한 연구재단의 연구비 활용 규정은 유연하였고, 강릉원주대학교 산학협력단은 신속, 정확히 연구비를 집행하여 양측의 연구 활동이 계획대로 지체 없이 진행될 수 있었다.

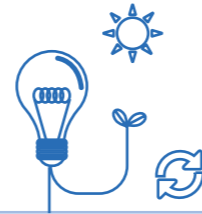
6

기관 및 연구책임자 소개

» 연구책임자가 재직하는 강릉원주대학교의 입자물리학 연구진은 1988년부터 유럽입자 물리학연구소(CERN)에서 대형입자가속기를 활용하는 물리학 연구와 입자 검출기 개발 연구를 수행해 오고 있다. 연구진은 2006년 한국 정부와 CERN이 협력 협정을 수립하는 데에 기여하였고, 2007년부터 한국 과학기술정보통신부의 한-CERN 연구 사업에 지속적으로 참여하고 있다. 연구진은 이탈리아, 프랑스의 연구원들의 장기적인 교류를 바탕으로 연구 협력을 지속하고 있다. 본 연구진과 긴밀히 협력하고 있는 연구기관들 (소재 도시)은 프랑스의 Lyon University (Lyon), Paris-XI University (Orsay), Ecole Polytechnique (Palaiseau), Clermont-Ferrand University (Clermont-Ferrand), 이탈리아의 Fermi Center (Roma), Bologna University (Bologna), Salerno University (Salerno) 이다.

03

염증성 대장암 발암인자로서의 syndecan-2 기능 연구



사업기간 2015.07.01 ~ 2019.06.30 사업비 200백만원

작성자 이화여자대학교 | 오역수

1

연구과제 개요

▶ 본 과제의 연구 목적에는 두 가지 측면이 있다. 하나는 만성염증에서 발현이 증가되는 syndecan(신디칸)의 기능 규명을 위해, 신디칸의 한 종류인 신디칸-2에 의한 염증성 대장암 발병 기전을 규명하여 염증성 대장암을 제어하기 위한 원천기술을 개발하는 것이다. 이를 위해, 신디칸과 같은 proteoglycan(프로테오글리칸) 연구 전문가들로 활발한 연구그룹을 형성하고 있는 EU 연구자와의 협력 연구를 통해 연구 시너지를 획득하고자 하였다. 또 다른 하나는 EU Horizon2020의 MSCA-RISE (Matrix glycans as multi-functional pathogenesis factors and therapeutic targets in cancer)를 적극 활용하여 연구자 및 인력 교류를 활성화하여 프로테오글리칸 분야의 선도적인 국제협력 네트워크를 구축하는 것이다.

▶ 핵심 원천 기술을 확보하기 위해서는 ‘염증성 대장암 발병 과정에서 신디칸-2의 기능을 규명하고, 신디칸-2 발현 제어를 통한 염증성 대장암 발병을 제어할 가능성에 대해서 연구하였으며, 국제 협력 네트워크 형성을 위해서는 EU 연구자 세미나 초청, 연구책임자 상호 교환 방문 및 연구 인력 교환 파견을 통해 신디칸 및 프로테오글리칸 공동체 구축을 시도하였다.

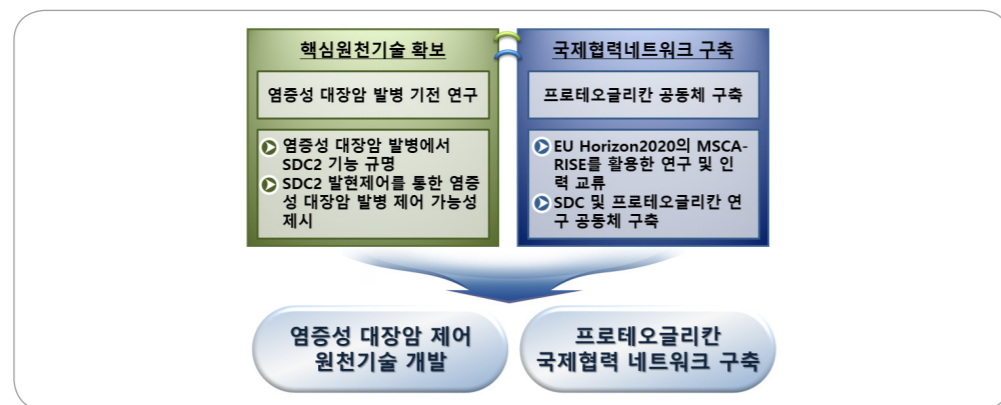


그림 1 한-EU 공동연구 과제 개요도

2

참여 동기

▶ 국내 프로테오글리칸 연구 환경

● 본 연구자는 미국으로 유학하여 박사 학위 과정을 수행하는 동안 프로테오글리칸과 인연을 맺었다. 특히 세포 표면에서 세포외기질(extracellular matrix)에 대한 세포부착 수용체 역할을 하는 세포표면 프로테오글리칸인 신디칸의 기능에 대한 연구를 시작하였고, 학위 과정을 마치고, 1999년 이화여대에 부임한 이후에도 신디칸의 기능, 특히 암의 발병 및 전이 기전 과정에서 신디칸-2와 -4의 기능에 대한 연구를 지속적으로 수행하였다. 그러나 한국과 미국의 프로테오글리칸에 대한 연구 환경은 너무나 달랐다. 미국에서 학위 과정을 밟는 동안에는 미국 내 여러 실험실의 연구자들과 학회 참여 등을 통해 지속적으로 교류하면서, 기술적인 부분들을 서로 공유하였고, 다양한 방법으로 연구에 대한 도움을 받을 수 있었다.

● 국내 사정은 그리 수월하지 않았다. 신디칸은 말할 것도 없고 프로테오글리칸을 연구하는 국내의 연구자는 거의 찾아보기가 어려운 실정이었다. PubMed를 통해 관련 연구 논문을 게재한 국내 연구자를 조사하여 보았지만, 관련 연구자는 소수에 불과하였고, 연구 내용도 다양한 생리적 조건에서 프로테오글리칸의 유전자 발현 변화를 조사하는 수준으로, 신디칸 기능에 대한 심도있는 연구를 수행하고 있는 연구자는 찾을 수 없었다. 이러한 국내 연구 실정을 보완하기 위해, 본 연구자는 해외 학회 참여를 통해 해외 연구자와 교류를 확대하여 극복하고자 하였다. 특히 세포외기질 연구에 강점이 있는 미국 세포생물학회(American Society of Cell Biology, ASCB)나 미국 매트릭스 바이올로지학회(American Society of Matrix Biology, ASMB)와 프로테오글리칸으로 특화된 국제 프로테오글리칸학회(International Proteoglycan Conference)에 지속적으로 참여하면서 프로테오글리칸 분야 연구 동향 조사와 연구 협력을 위해 노력을 하였다.

▶ 국내 매트릭스 연구회를 통한 연구 네트워크 형성

● 해외 학회 참여를 통해 국내 상황을 얘기하는 과정에서 미국 ASMB 회장을 맡고 있던 Iozzo Renato 교수가, 한국에도 매트릭스 바이올로지 학회를 만들어, 국제적인 연구교류 활성화를 통해 상호 보완적인 연구 네트워크를 형성할 것을 제안하였다. 미국의 ASMB 뿐만 아니라, 유럽에서도 영국, 프랑스, 독일 등 많은 국가에서 각자 매트릭스 학회를 통해 활발한 프로테오글리칸 연구를 수행하고 있었다. 이러한 상황에 깊이 공감하여, 당시 경북대학교 의과대학의 김인산 교수, 연세대학교 이승택 교수 등 여러 교수님들의 도움으로 2011년 '암미세환경 연구회'라는 소규모연구회를 설립하고, 매트릭스 분야의 국내 연구 교류 활성화를 도모하였다.

- 소규모 연구회는 매년 3번의 정기적 학술발표회를 통해 국내 연구자들의 교류를 활성화하였고, 1번의 국제 학술대회를 통해 국외 매트릭스 연구자를 초청하여, 국제적인 연구네트워크 형성을 도모하였다. 이 소규모 연구회 구성원들이 중심이 되어서 한국메트릭스학회(KSMB)를 형성하고, 국내 매트릭스 연구를 선도하는 연구그룹으로 성장하여, 일본메트릭스학회(JSMB)와 정기적 교류를 활성화하고, 다양한 국외 행사에 참여하는 등 국제적인 네트워크 형성을 위해 노력하였다.

3 참여 과정

» Martin Gottee 박사와의 만남

- 본 연구자가 참여한 모든 해외학회가 국제적인 연구 네트워크 형성에 큰 도움을 주었지만, 특히 국제 프로테오글리칸 학회는 신디칸 연구자를 하나로 모아서 실질적인 연구 협력을 수행하는 데 큰 도움을 주었다. 본 연구자는 연구책임자로서는 처음으로 2003년 일본 교토에서 개최된 국제 프로테오글리칸 학회에 참여하여, 신디칸 기능에 대한 연구 결과를 발표하였다. 그 후 2007년 브라질 리오에서 개최된 국제 프로테오글리칸 학회에 참여했을 때, 2014년 EU Horizon2020의 MSCA-RISE 연구책임자가 된 독일의 Martin Gottee 박사를 만났다. 논문을 통해서 서로가 이미 잘 알고 있는 사이였지만, 직접적으로 대면하기는 처음이었다. Martin Gottee 박사는 염증반응에서 신디칸-1의 역할에 대해서 발표하였고, 본 연구자는 염증반응에 의한 암화 과정에서 신디칸-2의 기능에 대해서 구두 발표하였다. 두 사람 사이의 연구 주제의 연관성이 매우 높았기 때문에 많은 시간을 서로의 실험에 대해서 의견을 나누었고 향후 지속적인 연구 협력을 약속하였다.
- 한국으로 돌아온 후 본 연구자는 '암 미세환경 연구회' 주최의 국제학회의 연자로서 Martin Gottee 박사를 초청하였고, 서로의 신디칸 연구에 대한 지속적인 연구 내용을 교환하였으며, 염증반응과 암이라는 공동의 관심사가 있었기 때문에, 실질적인 연구 협력을 할 수 있는 방법을 알아보기로 하였다.

» EU Horizon2020의 MSCA-RISE 프로그램 참여

- 독일로 돌아간 Martin Gottee 박사는 EU에서 연구하는 신디칸과 프로테오글리칸 연구자를 중심으로 연구팀을 구성하고, 염증반응과 암을 주제로, EU Horizon2020의 MSCA-RISE 프로그램을 구성하고 참여를 요청하였다. 그렇지 않아도 국내 프로테오글리칸 연구 환경의 한계와 국제 공동 연구에 관심이 많았기 때문에 본 연구자는 흔쾌히 과제에 참여하였고, 2015년부터 5년간 한-EU 과제를 수행하였다. 특히 EU Horizon2020의 MSCA-RISE 프로그램 참여하는 모든 연구자들과 한 식구와 같은 친밀함을 가지고 있어서 국제학회에서 강력한 연구 그룹을 형성할 수 있었다.

4

주요 산출물(정량 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과(기술 확보 등)

» 연구 성과

- 'EU Horizon2020의 MSCA-RISE (Matrix glycans as multi-functional pathogenesis factors and therapeutic targets in cancer) 프로그램의 참여자로서 본 연구자는 2015년부터 5년간 한-EU 과제를 수행하고 다음과 같은 연구 성과를 거둘 수 있었다.
- 본 연구자는 염증성 대장암 발암 제어 기전의 원천 기술을 확보하기 위해 dextran sulfate sodium을 이용한 대장염증 마우스 동물 모델을 구축하고, 이들을 이용하여 염증반응 동안에 SDC-2의 발현의 변화 및 조절 기전을 조사하였다. 그 결과 만성염증의 경우에는 염증반응 동안 증가한 IL1 β 와 저산소증이 상보적으로 FOXO3a의 발현을 증가시켰으며, FOXO3a가 SDC-2 발현을 직접 조절하는 것을 확인하고, 그 결과를 2017년 FASEB J.에 'Inflammatory hypoxia induces syndecan-2 expression through IL1 β -mediated FOXO3a activation in colonic epithelia'라는 제목으로 게재하였다.
- 반면 급성염증의 경우에는 IL17A-IL17A 수용체 신호전달에 의해 proximal colon에서 선택적으로 SDC-2의 발현이 증가됨을 확인하였다. 특히 AOM-DSS를 이용한 염증성 대장암의 경우 종양이 발생한 부위뿐만 아니라 주변 부위, 특히 proximal colon 부위에서 SDC-2 증가를 확인하여 염증성 대장암 발생과 예후 조절을 제어하기 위한 새로운 조절 기전을 확인하였다. 본 연구 결과는 2018년 FASEB J.에 'Unique expression of syndecan-2 in proximal colon is dependent on IL17A receptor during acute inflammation'라는 제목으로 게재하였다.
- 그 외에도 본 연구자는 과제를 수행하면서 염증성 대장암 발암 과정에서 matrix metalloproteinase-7의 기능을 조절한다는 신디칸-2의 기능을 규명하여 2017년 J. Biol. Chem.에 'Syndecan-2 cytoplasmic domain upregulates matrix metalloproteinase-7 expression via protein kinase C γ mediated FAK/ERK signaling pathway in colon cancer'라는 제목으로 발표하였으며, 신디칸-2에 의한 암세포 모양 변화를 유도하여 암의 전이를 촉진하는 'epithelial-mesenchymal transition (EMT)' 조절 기전과, 조직재생 과정에서의 신디칸의 역할 등 총 6편의 SCI 논문을 발표하였다.

» 네트워크 현황

- 국제협력 연구 구축을 위해서 EU Horizon2020의 MSCA-RISE에 참여하고 있는 다양한 연구자들의 연구 교류 및 인력 교류를 통해 프로테오글리칸 분야의 선도적인 국제협력 네트워크를 구축하고자 노력하였다. 연구 초기에는 연구책임자간 연구 교류 활성화를 위해 노력하였고 점차적으로 연구를 수행하는 연구원들의 교류 추진을 활발히 진행하였다. 또한 국내에서 국제학술대회를 개최하여 EU 연구자를 초청하였으며 EU에서 개최된 국제학술대회에 참여하여 국제 교류를 활성화하였다. 또한 실질적인 연구 교류를 위해 국내 연구자를 EU에

파견하여 연구를 수행하였으며, 동시에 EU 연구자들이 국내 실험실 방문을 유도하여 본인의 지도하에 연구 활동을 수행하였다. 이러한 연구 교류 및 활동 등을 통해서 다양한 연구 네트워크를 형성하였으며 프로테오글리칸 분야의 선도적인 국제협력 네트워크를 구축하였다고 생각한다.

- 연구 기간 동안 연구 책임자들의 연구 교류 성과는 다음과 같다.



그림 2 프로테오글리칸 공동연구 협력 네트워크

표 1 연구자 발표실적

구분	상대국	상대기관명	기간	국적
1차 년도	Martin Götte	Munster 대학 독일	한국	Interplay of Syndecan-2 and Heparanase in Cancer Stem Cell Function
	Liliana Schaefer	Goethe 대학 독일		A Distinct Role for the NADPH Oxidase for the Regulation of Biglycan-evoked Renal Inflammation
	Bruce Caterson	Cardiff 대학 독일 영국		Chondroitin sulfate structure produced by mast cells
	Nikos Karamanos	Patrase 대학 그리스		Syndecans as Key Regulator of Breast Cancer Cell Phenotype
	John R. Couchman	Copenhagen 대학 덴마크		Syndecans: Gatekeepers of the Cell Adhesion Phenotype
2차 년도	Eok-Soo Oh	이화여자대학교	독일	Syndecan-2, as a potential diagnostic biomarker and therapeutic target for cancers
3차 년도	Eok-Soo Oh	이화여자대학교	헝가리	Syndecan-2, as a linker connecting a preposition for colon cancer development
	Eok-Soo Oh		이태리	Syndecan-2, as a linker connecting a preposition for colon cancer development

- 또한 실질적인 연구자 교류를 위해 연구원들의 교류도 활발히 진행하였다. 국내 연구자들을 독일, 덴마크 등으로 파견하여 해외 연수를 수행하였다(표 2).

표 2 국내 연구자 해외 연수 실적

구분	상대국	상대기관명	기간	국적				구분	비고
				국적	성명	학위	전공		
박사후 연수	덴마크	코펜하겐 대학교	2016.01~2016.03	대한 민국	정희성	박사후 연수	생명 과학	단기	
	독일	윈스터 대학교	2018.07~2018.08		장보희				
연구원 연수	독일	윈스터 대학교	2018.07~2018.08		송보현	학부 연구생			
	덴마크	코펜하겐 대학교	2018.10~2018.12		김윤전				

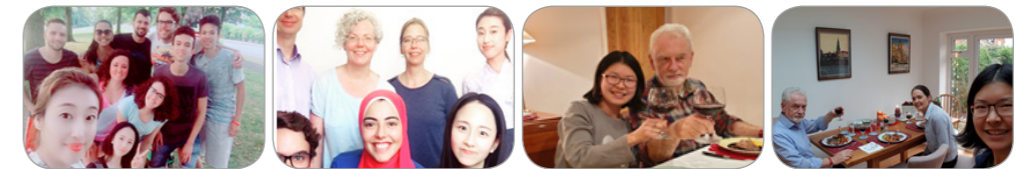


사진 1 국내연구자 해외 연수 참여 모습

- 또한 그리스의 파드라스 대학의 Dr. Nikos Karamanos 실험실에서 박사과정을 수행하고 있는 학생 Konstantina Kyriakopoulou가 EU Horizon2020의 MSCA-RISE의 지원을 받아 본 연구실에서 연구를 수행하는 등 해외 연구자를 초청하여 국내에서 직접 연구를 지도하기도 하였다(표 3).

표 3 국외 연구자 국내 연수 실적

구분	방문기관	기간	해당연구자				구분	비고
			국적	성명	최종학위	전공		
연구 자유치	이화여자 대학교	2016.03~2016.06	헝가리	Eszter Regos	박사과정	병리학	장기	
		2017.06~2017.09	그리스	Konstantina Kyriakopoulou	박사과정	생화학		
		2019.08~2019.10	독일	Aya Daherand	석사과정	생명과학		
		2019.08~2019.10	독일	Hümeyra Husseini	박사과정	생명과학		



사진 2 국외 연구자 국내 연수 참여 모습

» 주요 행사

- 2015년 국제프로테오글리칸 학회가 개최된 독일에 참석한 본 연구자는 2017년 국제프로테오글리칸 학회를 한국에 유치하였다. 그 근간에는 그동안 쌓아왔던 국내외 연구자들의 도움이 있었기 때문이며, 특히 독일의 Martin Gotte 박사를 비롯한 EU 연구자들의 도움이 있기에 2017년 개최된 국제학회에서는 200여명의 해외 연구자 포함 410명의 연구자가 참여하여 성공적인 프로테오글리칸 학회를 개최하였다(그림 4).



사진 3 2015년 이화여대에서 개최된 국제 프로테오글리칸 학회 모습

- 이를 계기로 본 연구자는 2017년 이탈리아에서 개최된 국제프로테오글리칸학회, 2018년 중국메트릭스학회가 중심이 된 APPCTSS 학회와 2019년 일본 가나자와에서 개최된 국제프로테오글리칸학회의 조직위원으로 참가하고 구두 발표도 하였다(그림 5).



사진 4 2017, 2018 국제학회 참여 모습

- 또한 2020년 국제 프로테오글리칸 학회를 호주 멜버른에서 개최하기로 하고 조직위원으로 참여하고 있으나, 아쉽게도 2019년 발병한 Covid19의 여파로 학회 개최는 취소된 상태이다. 하지만 2021년 국제 프로테오글리칸 학회를 영국에서 개최하는 것으로 확정하고 지속적인 학회 활동을 하고 있다.

5

참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

» 연구 책임자를 통한 적극적이고 실질적인 공동연구 추진 필요

- 국제 공동연구에서 발생하는 한계는 존재한다. 국외 연구자들과의 연구 협력을 보면, 연구 주체로서의 각자의 역할은 분명하지만, 지리적, 심리적 거리상의 이유로 국내 연구자가 필요한 부분을 적극적으로 활용하지 못하는 문제가 발생하기도 한다. 이를 극복하기 위해서는 국내 연구자의 적극적인 자세가 필요하다. 필요한 부분을 적극적으로 요청하였을 때만이 국제 공동연구의 효과를 기대할 수 있다.
- 따라서 실질적인 공동연구 추진을 위해서는 많은 부분을 연구조원이 아닌 연구 책임자가 직접 이해하고, 필요한 사항을 직접 요청하는 등 적극적인 자세 전환이 필요하다. 그렇게 해야만 대등한 관계에서 서로의 연구를 보완할 수 있는 실질적인 공동 연구 추진이 가능하다. 어떤 국내 과제보다도 연구 책임자의 역할이 중요한 과제이다.

» 연구 책임자의 행정 업무 부담 존재

- 각 대학마다 조금씩 상황은 다를 수 있으나, 국제 공동연구를 이해하고 지원해줄 수 있는 각 대학의 연구 지원 체계가 우수하다고는 생각되지 않는다. 따라서 계약에서부터 연구 수행 과정까지 추가적인 행정 부담이 있을 수도 있다. 해외 연구자가 국내에서 연구를 수행하는 경우에도 일정 부분, 연구책임자의 도움이 필요하다.

» 최적의 글로벌 연구 인력 양성 기회

- 한-EU 공동연구사업은 젊은 연구자들에게는 글로벌 연구력을 키울 수 있는 아주 좋은 기회이다. 요즘 젊은 과학자들의 생각은 연구 책임자들과 달리 상당히 개방되어 있어 기회가 된다면 전 세계 어느 나라에서도 본인의 역할을 수행하고자 한다. 연구책임자 입장에서 보면 국내 연구과제 수행을 위해 젊은 과학자를 파견하는 부분의 어려움도 있을 수도 있지만, 장기적으로 우수한 젊은 연구 인력을 양성한다는 측면에서, 젊은 연구자들에게 인력 교류의 기회를 주어 글로벌 인력 양성의 기회로 삼는다면 좋은 기회가 될 것 같다. 연구책임자의 생각의 전환이 필요한 것 같다.

» 연구 참여자의 역할 한계 존재

- 현 프로그램을 보면 EU 과제의 연구책임자는 EU 소속 연구원이다. 따라서 참여하는 국내 연구 책임자의 역할의 한계는 존재한다. 연구 책임자로서 전체 과제를 선도하기 보다는 EU에 필요한 연구에 참여한다는 표현이 맞을 것 같다. 이러한 공동연구 또한 국내 참여자의 연구에 큰 기여를 하는 것도 사실이다. 하지만 EU의 연구과제는 국내 연구자가 기획한 큰 연구 주제에, 필요한 EU 과학자를 활용하는 형식이 아니다. 이러한 역할 부분에 대한 개선은 필요한 부분이라고 생각된다.

6

기관 및 연구책임자 소개

» 이화여자대학교 소개



사진 5 이화여대 Ewha Campus Complex 전경

- 본교는 '섬김과 나눔'이라는 이화정신에 뿌리를 두고 1886년에 미국인 선교사 메리 F. 스크랜튼 여사에 의해서 창립되었다. 한국 최초 여의사, 여성 물리학 박사 배출은 물론 세계 최초 여자 공과대학 설립 등 수많은 '최초'의 기록을 가지고 있는 본교는 세계가 인정하는 연구역량과 글로벌 연구 네트워크를 바탕으로 다양한 분야에서 세계 수준의 연구 성과를 창출함으로써 연구 중심 대학의 위상을 높이고 있다. 그 예로 국제 논문의 질적 수준을 평가하는 '라이텐 랭킹'에서 2013년부터 2017년까지 5년 연속 국내 종합대학 1위를 차지하였다.
- 2019년 현재 23만 졸업생과 73개 학과전공, 14개 대학과 14개 대학원으로 이루어진 종합대학으로서 본교는 미래의 혁신이 가져올 새로운 내일의 변화를 선도하고 있다.

» 연구 책임자 소개

- 본 연구 책임자는 이화여자대학교 자연과학대학/생명과학전공 소속 교수로, 미국 알라바마 주립대학교에서 세포생물학 전공으로 박사학위를 받았으며, 하버드 의과대학에서 박사후연수를 수행하였다.
- 본 연구책임자는 1997년 J. Biol. Chem.에 신디칸-4의 기능에 관련된 연구논문을 발표하여 프로테오글리칸의 신호전달 연구 분야를 개척한 연구자로서 인정되고 있으며, 27 여 년간 신디칸의 구조와 기능 관련 신호전달 연구를 수행하여, 100 여 편의 관련 SCI 논문을 게재하였다. 엘츠비어 SciVal 프로그램을 이용한 연구자 분석을 참고하며 본 연구자는 '프로테오글리칸 및 세포신호전달 기전 분야'의 선도그룹으로 자리매김하고 있다.
- 현재 주된 연구 주제는 암 미세환경에서 암 발생 및 전이조절기전 연구이며, 특히 염증반응에서 발현이 증가한 신디칸에 의한 대장암 발병 기전에 많은 관심을 가지고 있다. 그 과정에서 연구 결과를 바탕으로 암 진단 및 치료용 바이오마커 개발을 진행하고 있다. 이러한 이유로 '염증성 대장암 발암인자로서의 syndecan-2 기능'이라는 제목으로 2015년부터 한-EU 공동연구지원사업을 수행하였고, 최종 평가에서 "S" 등급으로 평가되기도 하였다.
- 또한 세포외기질 연구 분야의 최고 영향력 있는 저널 (IF:8.136)인 Matrix Biology를 비롯하여, J. Histochem. Cytochem을 포함한 5개 SCI 저널의 editorial board member로서 활동하는 등 다양한 국내외 학술 활동을 하고 있으며, 이화여자대학교에서 2009년 이후, 전공주임교수, 연구부처장, 연구처장, 산학협력부단장 및 단장, 연구윤리센터장, 기업가 센터장 및 창업보육센터장을 역임하면서 전반적인 조직관리 능력을 배양하여 왔다.

04

축산 시설로부터 발생하는 암모니아 및 온실 가스 배출량 기준 정립



사업기간 2016.12.01 ~ 2020.11.30 사업비 200백만원

작성자 서울대학교 | 이인복

1 연구과제 개요

- ▶ 현재 세계적으로 축산업은 농업 분야에서 중요한 산업으로 자리매김하고 있으며 축산 시설은 다양한 형태로 급속하게 발전하고 있다.
 - 국내 축산업의 경우, 국민소득 증대에 따른 수요 증가로 지속적으로 성장하고 있으며 전체 농림업 생산액의 약 40%를 차지하고 있다. (농림축산식품부, 2018)
- ▶ 축산업의 양적 성장과 함께 축산업이 환경 및 사회 전반에 끼치는 부정적인 영향이 부각되고 있다.
 - 대표적으로 축산 분뇨 등 폐기물로부터 발생하는 악취, 분진, 온실가스 등의 문제가 있다.
 - 세계 여러 국가에서 악영향의 요인들에 대한 규제가 점차 강화되고 있으며 여러 사회적 문제에 당면하고 있다.
- ▶ 본 과제의 목적은 축산시설에서 발생하는 암모니아, 온실 가스 배출량을 감소하기 위하여 세계 여러 국가 간에 인력 교류를 통하여 아이디어, 지식, 규제 방안 등을 공유하고 국제적인 협력 관계를 강화하는 것이다.
 - 본 과제의 결과를 통하여 현재 축산업이 당면하고 있는 문제를 해결하고 향후 나아가야 할 방향을 제시하고자 한다. 기후변화에 대한 대응 및 질병 방역 관련 내용들도 함께 연구를 수행하고 있다.
 - 또한, 인력 교류와 함께 축산 시설에서 발생하는 암모니아 및 온실 가스의 배출계수 평가, 배출에 지배적인 영향을 주는 축사 내 미기상 및 환기 방법 도출, 통합적인 공기 모니터링 시스템 평가, 전산유체역학 (Computational Fluid Dynamic; CFD)의 적용성 향상, 온실가스 배출 가스 저감 기술 평가 및 이에 대한 환경 분석 등을 수행하였다.

2 참여 동기

- ▶ 세계 여러 국가 간의 인력 교류를 통해 우리나라 축산업의 선진화 및 발전 방향을 제시하고자 한다.
 - 세계 여러 국가 간에 인력 교류를 통하여 아이디어, 지식, 규제 방안 등을 공유하고 국제적인 협력 관계 강화를 목표로 한다. 또한 축사에서 배출되는 암모니아 및 온실가스에 대한 다양한 정량적, 정성적인 데이터를 취득하고 분석할 예정이다.
 - 우리나라의 현재 현황 분석을 우선적으로 수행하여 문제점 및 개선사항을 파악하고, 해외 국가 간의 연구교류를 통해 발전 방향, 개선 방법 등을 모색하고자 한다.
 - 최근에 ICT, 스마트팜 등에 최첨단 기술들을 개발 보급하여, 생산성 향상, 지역 사회 발전, 기후변화 대응, 환경 보존, 질병 방역 및 관리, 어메니티 등에 대한 긍정적 발전을 도출하기 위한 노력들이 이루어지고 있다. 우리나라의 가장 취약한 부분 중에 하나는, 신뢰도 있는 장기 빅데이터 구축 시스템의 부재라고 할 수 있으며, 이 과제를 통하여 EU 선진국의 지난 20여년 간의 노력 및 경험과 노하우를 습득하고자 한다.

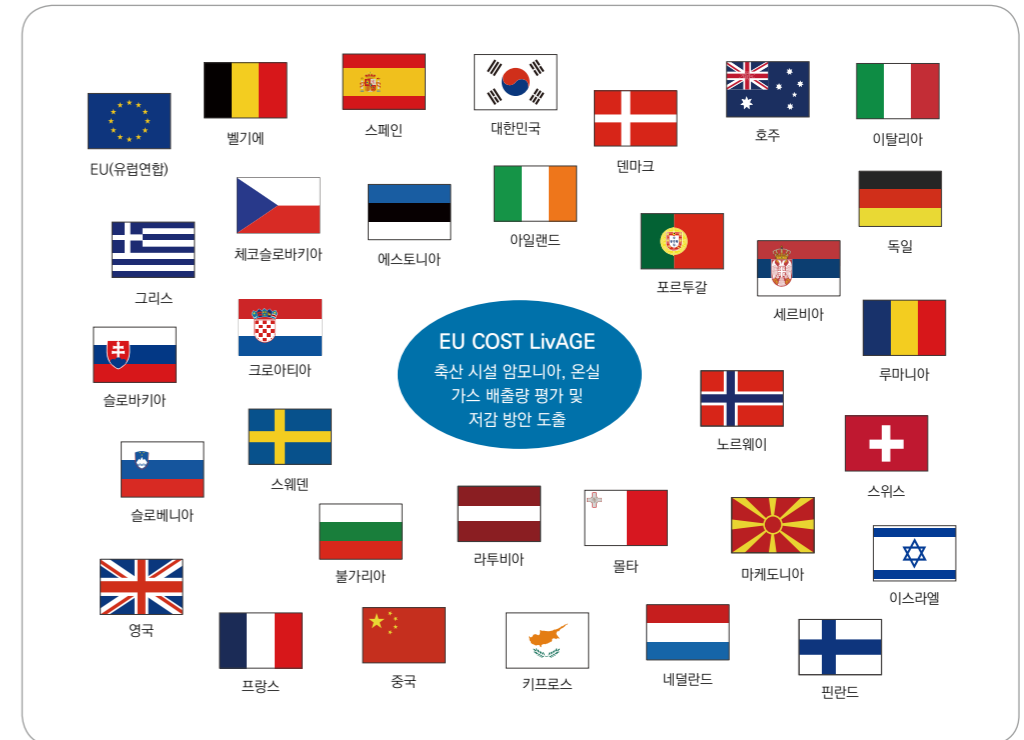


그림 1 LivAGE 프로젝트 참여 및 협력 국가

3 참여 과정

» 본 과제에의 협력단은 여러 학문 분야의 전문가 및 연구단으로 구성되어 있으며 서로 협력하여 축사 내 환경을 실시간 모니터링, 모델링, 환경제어 및 기기의 자동제어 등을 연구를 수행하고 있다.

- 이미 본 과제의 협력단은 공동 연구, 공동 논문 등을 통해 20년 가까이 함께 일해 왔으며 이 프로젝트를 통해 새로운 연구단들이 합류하였다.
- 이들과 EU국제공동연구, 단일 국제공동연구 등을 통하여 다양한 온실, 축산 등에 관련된 스마트팜 연구들을 수행하였다.
- COST로부터 지원받을 연구비는 세계적으로 사회 이슈인 온실 가스 및 암모니아 배출 감소를 위해 EU 15개국과 서로 협력할 수 있는 계기가 될 것이다.
- COST의 지침에 따라 본 과제와 직접적으로 연관되어 있지 않은 분야까지 연구 결과를 공유 하고 있다.
- 따라서 유럽뿐만 아니라 세계적으로 본 과제의 결과가 효율적이고 안정적으로 활용될 수 있으며 각 연구팀의 독자적인 기술력은 세계 워킹 그룹의 선두에 위치함에 따라 개방적이고 적극적인 교류 활동이 이루어지고 있다

4 주요 산출물(정량 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과(기술 확보 등)

» 학위배출인력 성과

- 박사과정 2명, 석사과정 3명을 배출하였다.

» 인적네트워크 구축 현황

- 유럽을 중심으로 아래 기관들과 인적 네트워크를 구축하였다.

표 1 국외 인적 네트워크 구축 현황

나라	기관명
오스트레일리아	University of Southern Queensland
벨기에	Institute for Agricultural and Fisheries research
	KU Leuven
불가리아	Agricultural Institute [Animal Nutrition and Technology]
중국	China Agricultural University
키프로스	Cyprus University of Technology

나라	기관명
덴마크	University of Copenhagen Aarhus university
프랑스	Institut national de la recherche agronomique
독일	Leibniz Institute for Agricultural Engineering
	Free University of Berlin
그리스	Centre for Research and Technology-HELLAS
	Aristotle University of Thessaloniki
이탈리아	University of Catania
	University of Pisa
네덜란드	Wageningen UR Livestock Research
루마니아	National Institute for Research-Development in Animal biology and Nutrition
슬로바키아	Research Institute for Animal Production Nitra
	Slovak University of Agriculture in Nitra
	Agricultural Institute of Slovenia
스페인	Universitat Politècnica de València
	The Spanish National Research Council
스위스	Agroscope-Institute for Sustainability Sciences ISS
영국	Harper Adams University
북마케도니아	University "Ss. Cyrill and Methodius" Skopje

» 인력교류 성과

- (2017.08) 네덜란드 Wageningen university의 Ferry Leenstra 박사가 본 연구실에 방문하여 지속가능한 친환경 축산물의 생산과 에너지 효율성의 증대, 동물복지 관점에서의 축산시설 내 공기질, 축산업에 대한 사회적 관심에 대한 정보 공유 및 의견 교류하였다.
- (2018.01~2018.03) 미국 Rutgers university의 David Lewis 박사가 본 연구실에 방문하여 3달간 체류하며 본 연구실의 시뮬레이션 기법에 대한 정보를 취득하고, 연구 교류를 진행하였다.
- (2018.07~2018.07) 브라질 State university of campinas의 Daniella Moura 박사가 본 연구실에 2주 동안 체류하며 연구 교류를 위한 국내 사육 시설 방문, 세미나 등을 진행하였다.
- (2019.05~2019.05) 네덜란드 Wageningen university의 Andre Aarnink 교수가 한국을 방문하여 연구교류를 수행하였다.
- (2018.06) 국내 박사과정 학생이 덴마크 Aarhus university와 Copenhagen university에 방문하여 유럽의 배출계수, 축사구조, 가스 배출 저감 방안 등의 자료를 수집하였으며 연구교류를 수행하였다.

- (2018.06) 국내 박사과정 학생이 네덜란드 Wageningen university에 방문하여 유럽 배출계수, 공기세정장치, 재순환시스템 등의 자료를 수집하였으며 연구교류를 수행하였다.
- (2018.06) 600개 이상의 회사가 참여하는 대규모 축산박람회인 VIV Europe 2018에 참가하여 악취 저감시설, 가축의 행동 모니터링, 축산 내부 환경 조절을 위한 ICT 적용 설비, 가상현실 기술의 적용, 분진 저감 기술, 환경 조절용 열교환기 등의 신기술 및 상용화 제품에 대한 방대한 정보를 수집하였다.
- (2019.10) 국내 박사과정 학생이 덴마크 Aarhus university에 2주간 방문하여, 유럽의 배출계수 산정방법, 현장데이터, 데이터 가공, 악취저감방안, 확산모델링, 공기세정장치 등의 자료 및 기술 습득을 통한 연구교류를 수행하였다.
- (2019.10) 국내 박사과정 학생이 네덜란드 Wageningen university에 방문하여 Andre Aarnick와 Melse Roland 연구팀과 공기세정장치, 공기재순환시스템, 수치모델링, 악취저감시설 등의 자료를 취득하고 심도 깊은 의견을 나누었다.
- 연구기간 동안, 다양한 국제학술대회들을 참가하여, 관련 COST 미팅들을 수행하면서, 정보교류 등을 활발하게 수행하여 오고 있다.

» 논문 성과

- (2017) The Korean Society of Agricultural Engineers KCI 학술지에 'Application of Age of Air Theory using thermal distribution data in piglet house' 논문을 게재
- (2017) The Korean Society of Agricultural Engineers KCI 학술지에 'Dust Concentration Monitoring in Korean Native Cattle Farm according to Sampling Location and TMR Process The Korean Society of Agricultural Engineers' 논문 게재
- (2017) The Korean Society of Agricultural Engineers KCI 학술지에 'Analysis of Dust Concentration in Dairy Farm according to Sampling Location and Working Activities' 논문을 게재
- (2018) Biosystems engineering SCI 학술지에 'Ventilation rate formula for mechanically ventilated broiler houses considering aerodynamics and ventilation operating conditions' 논문 게재
- (2019) Biosystems engineering SCI 학술지에 'Computational fluid dynamics evaluation of pig house ventilation system for improving the internal rearing environment' 논문 게재
- (2019) Biosystems engineering SCI 학술지에 'Development of a VR simulator for educating CFD-computed internal environment of piglet house' 논문 게재

» 학회 참가 및 발표수행 현황

- (2017) European conference on precision livestock farming (EC-PLF)에 참석하여 구두발표 2건, 포스터 발표 1건을 수행하였다.
- (2017) The 3rd International symposium on emission of gas and dust from livestock (Emili)에 참석하여 2건의 구두발표를 수행하고, EU-COST 프로젝트 연구진들과 가스 배출요인 및 공기질, 저감 방안, 모델링, 측정 방법의 4가지 주제로 발표 및 토의 진행하였다.
- (2018) Ammonia & greenhouse gas emission from animal production housing (LivAGE)에서 4건의 구두발표 수행하였다.
- (2018) Internatoinal Livestock Environment symposium (ILES)에서 2건의 구두발표를 수행하였다.
- (2019) European conference on precision livestock farming (EC-PLF)에서 2건의 구두발표를 수행하였다.

» 초청 강연 수행 현황

- (2017.10) 중국 심양 농대에서 'IoT-based Research Trend of Smart-farm and A3EL Ongoing Researches related to IoT Agricultural Buildings' 주제로 초청강연 및 연구교류를 수행하였다.
- (2018.08) Internatoinal Livestock Environment symposium 2018의 joint meeting (ISU, CAU, CAAS, SNU)에 참석하여 축사 환경 조절, 환경 계측 센서 위치 선정, VR 시뮬레이터 개발 등의 내용에 대해 초청강연 수행하였으며 관련 의견을 교류하였다.
- (2018.11) 브라질 State university of campinas에 초청되어 'ICT livestock environment & development of virtual reality for environmental management of smart-farm'라는 주제로 초청강연 수행하였으며 관련 의견을 교류하였다.
- (2019.11) 농림축산식품부에서 주관한 한중일 미래농업 심포지엄에 초청되어 'Present and Future of Korea's Agricultural Innovation Governance'의 주제로 초청강연을 수행하였다.

» 학술정보 교류성과

- 축사의 공기 재순환시스템은 공기 중 질병 유출입 최소화, 야생동물 등 직접적 전염병 차단, 사육환경 개선을 통한 가축 면역력 증가, 악취 배출의 최소화, 에너지 부하 절감 등의 장점이 있다.
- 공기 재순환시스템의 국내 적용을 위한 자료 수집 및 분석을 수행하였다.
- 실제 농가에 공기재순환 시스템을 적용하기 전, 최적 설계를 위한 '스마트축사 공학실증센터' 설치 및 실험 진행 중이다.

5 참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

- ▶ 인적 교류 연구인만큼 체계적인 계획이 필요
 - 일반 연구과제와 달리 인적 네트워크 구축이 연구 목표인 만큼 연구 주제에 맞는 해외 연구진과의 접촉, 방문 계획, 초청 계획이 필요하다.
 - 해외 연구진을 통해 취득하고자 하는 자료에 대한 명확한 목표를 설정해야 한다.
 - 연구 과제를 통해 해외 학회, 세미나 등으로 해외에 단기간 체류할 경우 정량적인 목표 설정이 중요하다. (예를 들어 본 연구진의 경우 학회, 세미나 등으로 해외에 나갈 경우, 해외 연구진들의 명함 혹은 연락처 15개를 취득하는 것을 목표로 한다면, 추후 연락처를 받은 연구진들과 연락하며 계획대로 네트워크를 확고하게 구축함)
- ▶ 연구자들에게 해외 연구진과 인적 네트워크를 구축할 수 있는 좋은 기회를 제공
 - 관련 분야의 여러 연구자들과의 연구교류를 통해 연구를 발전시킬 수 있는 좋은 기회가 되었다.

6 기관 및 연구책임자 소개

- ▶ 서울대학교 대기·시설 환경 및 에너지 공학 연구실 (Aero-Environmental & Energy Engineering Laboratory, A3EL)
 - 지난 9년간 농업시설의 환경 조절, 에너지, 대기환경 등 다양한 분야에서 국내뿐만 아니라 전 세계 워킹그룹을 이끌고 있다.
 - 특히, 농업시설의 환경조절 및 확산 예측 분야에서 선두그룹에 위치하고 있으며, 전산유체역학 모델링뿐만 아니라 현장실험을 병행하여 모델링의 신뢰도 및 정확도를 향상하는 '현장실험·모델링 통합접근방법'을 활용하고 있다
 - Open license CFD 기술을 활용하여 기상환경 자료를 실시간으로 연동함으로써 외부 기상 환경에 따른 악취 확산을 실시간으로 예측하고 Web 상에서 사용자에게 편리하게 제공할 수 있는 기술을 개발하였다.
 - 최근 4차 산업 기술과 더불어 가상현실, 빅데이터 분석 등의 기술을 축산시설, 온실 등에 적용하여 농민, 컨설턴트, 설계자 들을 위한 교육용 VR 시뮬레이터를 개발하였다.

- ▶ 서울대학교 이인복 교수 약력
 - (2019.07~현재) 서울대학교 그린바이오과학기술연구원 원장
 - (2019.02~2019.10) 국가농림기상센터 센터장
 - (2018.01~현재) 한국생물환경조절학회 부회장
 - (2018.01~현재) 한국축산환경학회 기획홍보위원회 위원장
 - (2015.08~2017.07) 서울대학교 농업생명과학대학 기획부학장
 - (2005.03~현재) 서울대학교 농업생명과학대학 교수
 - 미국 오하이오주립대 시설환경공학 공학박사

05

제4세대 내열강 용접재료의 고온 거동 실험 및 해석



사업기간 2017.12.01 ~ 2021.11.30 사업비 600백만원 작성자 한국원자력연구원 | 이형연

1 연구과제 개요

» 본 연구자가 참여 중인 Horizon 2020 과제의 Acronym은 「GEMMA」이며, 과제 개요는 다음과 같다.

- 과제명: GEMMA (GEneration IV Materials MAturity)
- 과제기간: 48개월(2017.06 ~2021.05.31.)
- Coordinator: 이탈리아 ENEA(Dr. Pietro Agostini)
- 참여기관: 12개국 23개 기관(한국원자력연구원(KAERI) 포함)
- KAERI 참여 Work Package 주요 협력 파트너 : ENEA(이탈리아), CEA(프랑스), JRC(네덜란드), KIT(독일), CIEMAT(스페인), CVR(체코) 등
- 과제예산 : 총 6.61M € (EU 지원금 : 4M € (KAERI만 in-kind 참여))
- GEMMA 과제는 현재 세계적으로 가동 중이거나 건설 중에 있는 제3+세대(Generation III+) 원자로의 후속 노형으로서 주로 원자력 선진국에서 연구개발이 진행 중인, 경제성, 안정성 및 핵확산 저항성이 크게 향상된 제4세대(Generation IV) 원자로의 개발과 관련된 프로그램이다. 이 프로그램은 유럽의 EERA JPNM(European Energy Research Alliance, Joint Program on Nuclear Materials)이 승인한 7개의 Pilot Project가 모여 구성된 EU의 공동연구 프로그램으로 가동 환경(냉각재), 재료 열화, 용접특성 거동 등의 재료 및 기계설계 이슈를 다루고 있다.

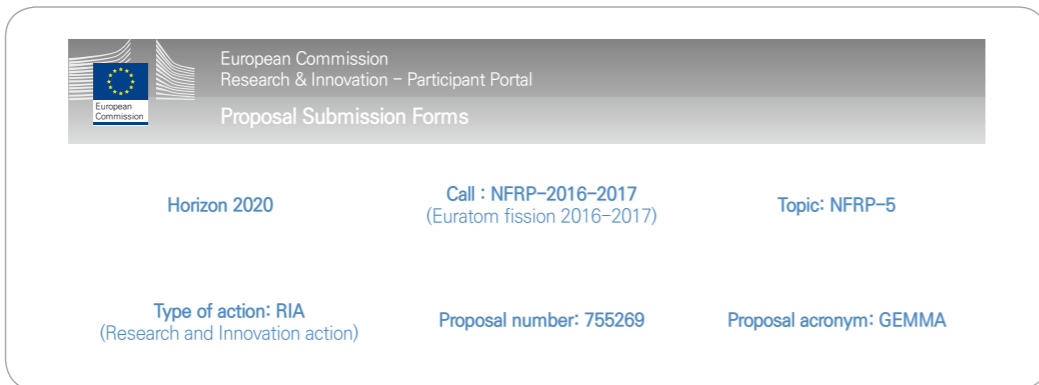


그림 1 Cover page of DoW(Description of Work) of GEMMA Program

2 참여 동기

» 제4세대 원자로의 개발을 위해서는 선진 EU와의 국제 공동연구가 필요

- 국내에서도 중장기 국가원자력연구개발사업(NRF 지원)으로서 제4세대(Generation IV : Gen IV.) 원자로의 연구개발이 진행 중에 있는데, 이는 기존 원자로 노형보다 상당히 높은 고온(가동시간 경과에 따라 재료손상이 발생할 수 있는 크리프(creep) 영역)에서 가동되기 때문에 동 Gen IV 원자로 개발을 위해서는 방대한 양의 고온 재료물성 DB의 구축, 검증 및 설계 적용과 관련하여 거대 예산과 시간이 소요된다. 따라서 Gen IV 원자로 개발 부문에서 풍부한 경험 및 기술력을 보유하고 있는 EU와의 국제 공동연구가 필요하다.

» EU는 미국과 더불어 Gen IV 원자로의 연구개발을 선도

- 프랑스는 Gen IV 원자로 6개 노형 중의 하나인 소듐냉각고속로(Sodium-cooled Fast Reactor, SFR) Superphenix(세계 최대 1,240MWe 용량)의 설계, 건설 및 가동 경험을 보유하고 있는 국가이며, 현재 Fig. 2(a)와 같은 형상의 소듐냉각고속로 노형인 ASTRID를 개발 중에 있다. 프랑스는 특히 자국의 고온구조 설계기술기준인 RCC-MRx를 프랑스의 Cadarache에 건설 중인 국제핵융합실험로인 ITER 설계·건설에도 적용해오고 있는데, KAERI는 SFR의 개발과 관련하여 프랑스의 CEA와 양해각서 기반 정보교환 수준의 협력을 진행해오고 있다.
- 벨기에는 Gen IV의 다른 노형인 납냉각고속로(LFR), MYRRHA(Fig. 2(b)의 이미지)의 연구개발을 진행 중에 있으며, 현재 유럽에서 Gen IV 연구개발이 가장 활발하게 진행 중인 국가이다. SKC-CEN 주도로 중장기 국가연구개발 사업으로 MYRRHA의 연구개발을 활발하게 진행 중에 있다.
- 이탈리아의 ENEA는 소듐냉각고속로(SFR)의 기초 연구 관련 경험이 풍부하고, 현재는 납냉각고속로 MYRRHA 관련 많은 시험시설도 운영하며 납냉각고속로 개발에 적극 참여하고 있다.
- 스페인의 CIEMAT과 독일의 KIT도 Gen IV 원자로 내열강의 고온 재료거동 특성, 재료물성 DB의 구축 관련 연구개발을 활발하게 진행해오고 있다.

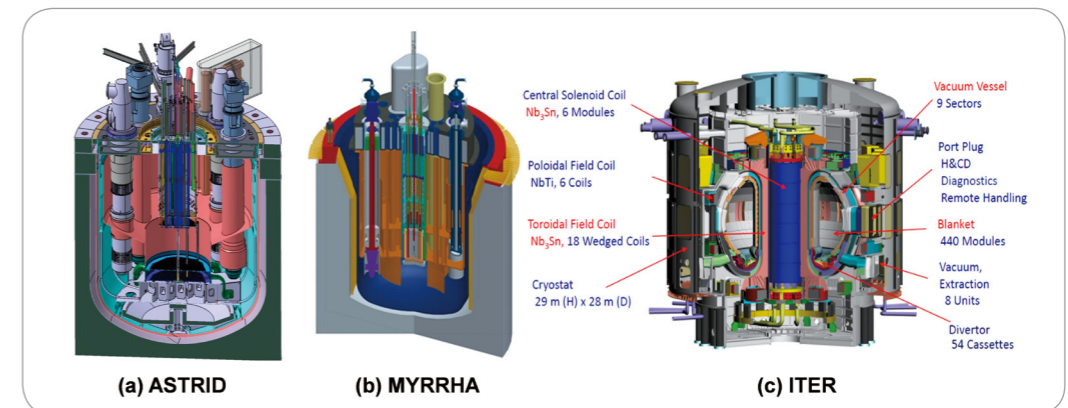


그림 2 Schematic of Generation IV reactors and ITER under development in EU

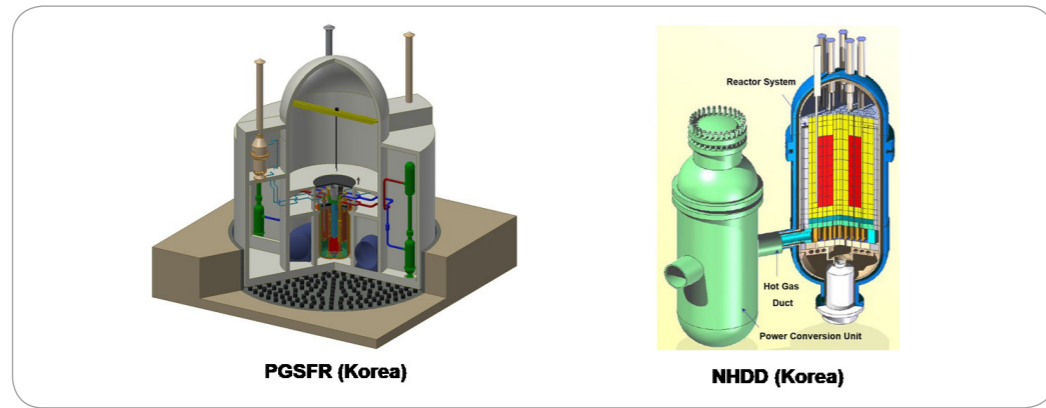


그림 3 Schematic of Generation IV reactors under development in Korea

● EU는 미국과 더불어 Gen IV 원자로 연구개발을 선도하고 있는 바 본 연구자는 제4세대 원자로개발과 관련하여 EU와의 공동연구 수행을 위해 Horizon 2020 프로그램에 참여하게 되었다.

» 한국은 국가 원자력연구개발사업으로 Gen IV 원자로의 연구개발을 진행 중

- 한국은 KAERI 주도로 Fig. 3과 같이 Gen IV 소듐냉각고속로 노형인 PGSFR과 초고온가스노인 NHDD(Nuclear Hydrogen Development and Demonstration)의 개발에 관한 국가 중장기 연구개발 과제를 진행 중에 있다.
- 본 연구자는 우리의 Gen IV 원자로 개발과 관련하여 미국과는 GIF(Generation IV International Forum)를 통해, EU와는 재료 및 구조 부문에 대해 GEMMA 과제로 협력을 도모하고자 참여하게 되었다.

» EU는 Gen IV 원자로 내열강 재료물성 등의 거대 재료 DB(MatDB)를 운영 중

● 고온 또는 초고온에서 가동되는 제4세대 원자로를 개발하기 위해서는 내열강 재료의 많은 물성 DB가 필요한데, 이는 한 국가 또는 한 기관이 독자적으로 구축하는 것이 불가능하기 때문에 많은 국가들이 거대 물성치 DB의 구축과 관련하여 역할을 분담하고, 재료 물성을 생산·등록하며 동 물성 DB를 공유하는 형태로 협력을 진행 중에 있다. 네덜란드의 JRC는 MatDB라는 거대 재료물성 DB를 운영 중에 있으며, EU에서 수행 중인 많은 EU 프로그램들의 물성 DB는 MatDB에서 관리하고 있다. 국내 연구자도 H2020 과제에서 생산된 재료물성을 MatDB에 업로드하고, EU 파트너들이 등록된 재료 DB를 공유할 수 있어 국내 관련 연구 프로그램의 수행도 큰 도움이 될 수 있다.

» ITER (프랑스에 건설 중) 참여 관련 국내 개발 재료물성의 코드 등재 필요

● 한국은 ITER(Fig. 2) 국제 컨소시엄에 참여하여 현재 프랑스의 Cadarache에 건설 중인 ITER의 개발에 참여하고 있고, 국내에서 NFRI(국가핵융합연구소) 및 KAERI도 참여하고 있다. KAERI는 ITER 테스트블랭킷모듈(TBM) 후보재료로 저방사화Ferritic-Martensite강인 ARAA(Advanced Reduced Activation Alloy)를 개발하였고, TBM의 건설 인허가 취득과 관련하여 ARAA강의 프랑스 고온 설계기술기준인 RCC-MRx의 코드 등재(Codification)가 필요한 상황이다.

● KAERI의 ITER TBM 과제에 참여하고 있는 본 연구자는 RCC-MRx 코드 제·개정 위원회의 위원으로 활동 중에 있으며 GEMMA 과제를 통해 프랑스의 RCC-MRx 개발 주도기관인 CEA와 ARAA강의 RCC-MRx 코드 등재 관련 협력연구를 현재 진행 중에 있다.

3 참여 과정

» KAERI는 Coordinator(Dr. P. Agostini) 초청으로 GEMMA 과제에 참여

● KAERI는 2017년 6월 개시된 GEMMA 과제에 대해 이탈리아 ENEA의 Coordinator (Dr. P. Agostini)의 초청으로 참여하게 되었다. 본 연구자는 2010년부터 EU FP7 (MATTER) 과제에 4년간 참여한 적이 있는데, 동 과제의 Coordinator도 Dr. P. Agostini 였다. 본 연구자는 2010년부터 MATTER 과제 참여 시 EU FP7 과제의 파트너들로부터 우호적 평가를 받아 GEMMA 과제에 초청을 받을 수 있었다. KAERI의 현 GEMMA 과제 참여 건과 관련하여 Coordinator는 EU에서 참여가 확정된 모든 EU 파트너들에게 KAERI의 참여에 대한 찬반을 조사하였으며, 반대 의견이 없어 KAERI의 GEMMA 과제 참여가 확정되었다.

» KAERI는 GEMMA 과제의 유일한 non-EU 기관

● KAERI는 GEMMA의 23개 파트너 기관 중 유일하게 non-EU 기관이면서 in-kind로 참여하는 기관이다. 본 연구자는 Gen IV 원자로 관련 연구에서 EU 관련 연구는 물론 미국의 연구내용도 병행하여 수행해오던 차에 참여하게 되어, 미국(제4세대 원자로)의 기술현황 및 현안 등을 EU에 소개하는 역할도 수행하였으며, 동 활동에 대해 EU의 파트너로부터 매우 유익했다는 Feedback을 받은 바 있다.

» EU는 Horizon 2020 참여 관련 non-EU 참여자의 자격심사를 진행

- KAERI는 한국 NRF의 지원을 받아 in-kind로 참여하는 경우이나 H2020 과제의 파트너들은 KAERI의 참여와 관련 내부적으로 자격심사 절차를 밟았는데, 이는 공동 생산하게 될 재료물성 DB의 공유가 이루어질 파트너로서 동등한 기여를 할 수 있는지에 대한 심사로 EU 내부에서 투표 절차를 밟았다. (반대자가 있으면 탈락시키는 형태로 진행)
- 본 연구자는 현재, 2021년 11월에 종료되는 GEMMA 과제(2017.06.01.~2021.05.31)의 후속으로 H2020 과제인 INCEFA-Scale(2020.10.01.~2025.09.30, 60개월 과제)의 과제 참여에 대해서도 EU측의 승인을 득한 상태이다. 동 과제의 참여와 관련해서도 EU의 17개 파트너들을 대상으로 KAERI의 참여관련 투표를 실시하는 등 non-EU 파트너에 대한 심사 절차를 거쳤다.

» 프랑스의 최신 기술관련 논문 발표 후 EU FP 참여 초청

● 본 연구자는 프랑스의 최신 기술(고온 결함평가 기술기준의 적용 및 기술현안)과 관련하여 KAERI에서 수행한 연구내용을 국제학술대회(ASME PVP)에서 발표하였는데, 동 발표에 참석했던 프랑스 CEA의 연구원이 당시 기획 중인 EU FP7 프로젝트(MATTER)에 본 연구자를 초청하여 처음 EU FP 과제에 참여하게 되었다. 따라서 EU Horizon 과제 참여를 희망하는 국내 연구자는 EU의 최신 연구개발 동향 또는 내용과 관련하여 국내에서 수행한 연구를 국제학술대회에서 발표하고, 관련하여 EU의 연구자들과 기술교류를 하면 기획 중인 신규 Horizon 과제가 있을 경우 Horizon 과제에 참여기회가 열릴 수 있을 것으로 보인다.

» 본 연구자는 프랑스 고온설계기술기준(RCC-MRx)의 위원으로 선임

● 본 연구자는 GEMMA 과제 이전에 프랑스 CEA가 주도하는 프랑스 고온설계 기술기준(RCC-MRx)의 위원으로 선임된 바 있다(GEMMA 이전 EU FP7 과제이었던 MatISSE 과제의 수행과정에서 선임됨). GEMMA 과제 중요 RFP 중의 하나는 제4세대 원자로의 환경에서 내열강의 고온 재료거동 및 재료 물성 생산이며, 신규로 생산되는 동 물성들은 유럽의 제4세대 원자로 설계기술기준인 RCC-MRx에 물성 등재 또는 기술기준의 개선에 기여하게 된다.

● 핵융합로 TBM 재료(ARAA)의 물성 등재와 관련하여 한국은 ARAA강의 RCC-MRx 코드 등재를 준비하고 있고, 유럽은 우리보다 앞서 ARAA강과 유사한 저방사화 재료로서 Eurofer 재료를 개발하였으며, 동 재료의 물성을 RCC-MRx의 후보 기술기준(Tome 6)으로 등재하였다. 프랑스의 CEA는 ITER TBM강의 RCC-MRx 등재와 관련하여 KAERI와의 기술협력에 매우 적극적이다. CEA는 KAERI와 함께 2020년 3월 한-프랑스 협력기반조성사업(NRF)에 '핵융합로 및 제4세대 원자로 신소재의 프랑스 설계기술기준 등재 협력연구' 과제를 공동으로 제안하고 선정 결과를 기다리고 있는 상태이다.

4 주요 산출물(정량 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과(기술 확보 등)

» 프랑스 CEA에 기술수출

● 본 연구자는 GEMMA 과제의 성과로서 2017년 11월 고온설계평가 프로그램 HITEP_RCC-MRx를 프랑스의 CEA에 유상으로 기술이전하였다. HITEP_RCC-MRx 프로그램의 구성은 그림4에서와 같이 압력기기(DBA) 설계평가 모듈, 배관(Pipe) 설계평가 모듈 및 고온 결함평가(A16) 모듈 등 세 개 모듈로 구성되어 있으며, DBA 모듈에서의 고온 압력기기 설계 평가 흐름도는 그림5와 같다.

● GEMMA 과제에서 생산한 HITEP_RCC-MRx는 프랑스의 고온설계 기술기준인 RCC-MRx의 설계평가 절차를 전산화한 설계평가 프로그램으로, 프랑스의 CEA는 2017년에 1차, 2019년에 2차 검증 절차를 진행하고 총 40,000€(약 5,300만원, 당시 환율기준)의 기술료를 지불하고 사용권을 취득하였다.

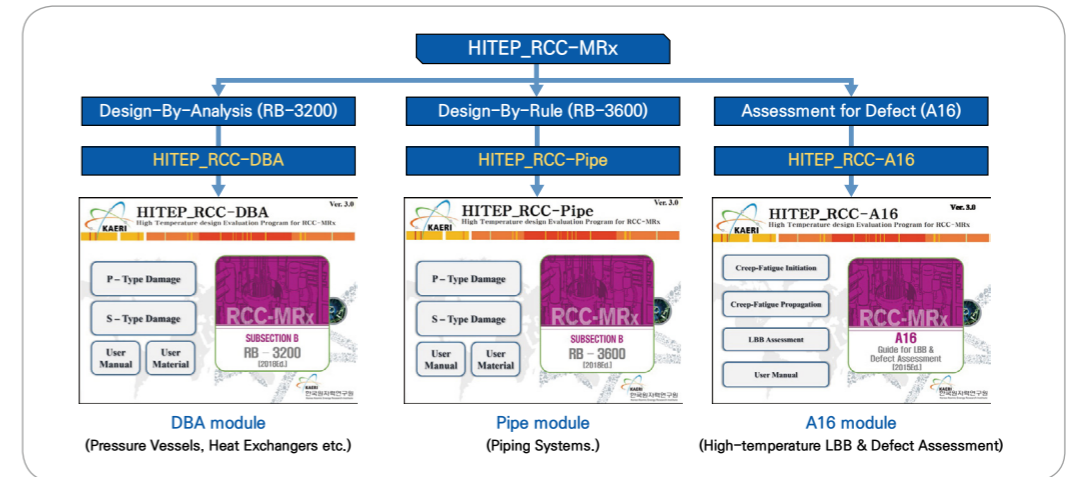


그림 4 Structure of high-temperature design evaluation program of HITEP_RCC-MRx

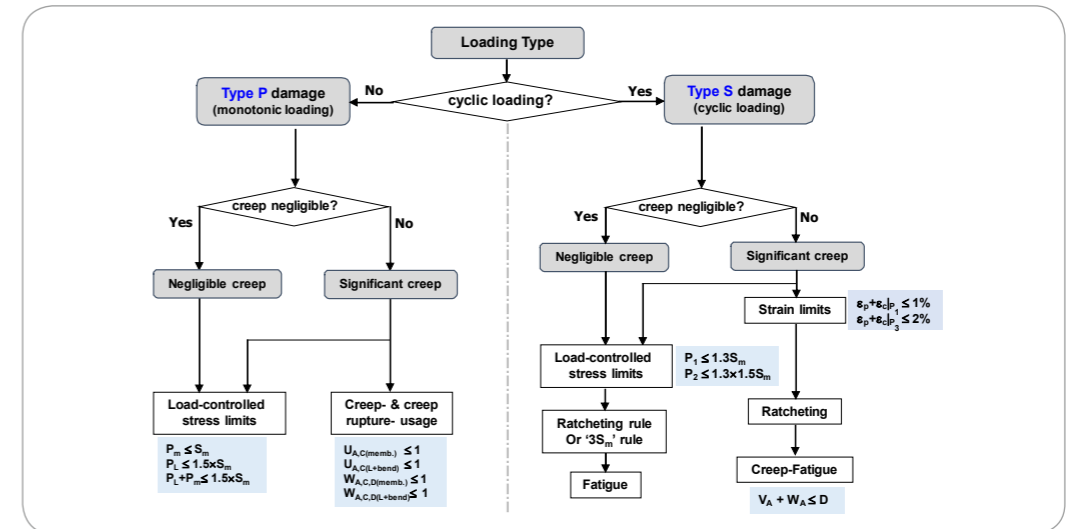


그림 5 Flow diagram of high-temperature design evaluation as per RCC-MRx

● 프랑스의 CEA는 RCC-MRx의 개발 주도기관이며, 개발에 참여한 주요 기관으로는 프랑스의 Framatome, EdF, IO(Iter Organization) 등이 있다. 본 기술이전의 특이 사항은 KAERI가 고온설계 기술기준 관련 원천기술을 보유한 선진기관에 프로그램을 역수출함으로써 우리 기술력을 인정받은 것이 중요 성과라 할 수 있다.

● (우수성) 프랑스 RCC-MRx 개발의 주도기관이며 원천기술 보유기관인 CEA는 엄격한 검증절차를 거쳐 HITEP 프로그램의 기술을 이전받았으며, 현재 동 프로그램을 프랑스의 Gen IV 원자로(ASTRID)의 설계·평가 및 RCC-MRx의 CEA 내·외부 인력대상 교육훈련을 위해 활용하고 있다. HITEP 프로그램은 제3자 검증 과정을 거친 신뢰성이 검증된 프로그램이며, 웹기반 프로그램이어서 어디서든 사용자가 편리하게 고온설계평가를 수행할 수 있는 사용자 친화적 프로그램이다.

- (차별성) HITEP_RCC-MRx는 유럽의 제4세대 원자로와 ITER의 설계 등에 널리 사용되고 있는 RCC-MRx에 대한 고온 설계평가 프로그램으로, RCC-MRx와 관련해서는 최초로 개발된 것이다. 미국의 고온설계 기술기준인 ASME-HB(ASME Section III Division 5 Subsection HB)에 대한 설계평가 프로그램은 국내 KAERI 및 미국의 ANL에서 개발된 사례가 있지만, 이들은 windows 기반이 아니어서 사용자 친화성이 미흡하다는 단점이 있다. 특히 ASME-HB의 고온 배관 설계기준(HBB-3600)은 아직 미완성이라는 한계가 있어 이를 따른 고온 배관 설계평가는 현재 불가능한 상태이다. 그러나 RCC-MRx는 고온배관 설계가 가능하도록 관련 상세 절차를 제시하고 있어 고온 배관 설계평가도 가능하다는 특징이 있다. HITEP_RCC-MRx는 웹기반 프로그램으로, 인터넷이 연결되는 환경이면 어디서든 개인용 컴퓨터(PC)는 물론 스마트폰으로도 계산이 가능하다.
- (성과의 활용도) HITEP_RCC-MRx는 제4세대 원자로, 핵융합로(ITER), 고온 화력(USC), 석유화학 플랜트 설비 등에 대해 고온 크리프 영역(스테인리스강 기준 425°C 이상, Cr-Mo 내열강의 경우 375°C 이상)에서 작동되는 압력용기 및 배관의 고온 설계·평가에 매우 신뢰성 있게 또한 유용하게 활용될 수 있다.
- (파급효과) HITEP_RCC-MRx 프로그램 관련 연구로 USC 화력 등의 고온 플랜트에 확대 적용이 가능하며, 이는 고온 플랜트의 설계 신뢰성 및 경제성 제고에서 파급효과가 클 것으로 기대된다.
- (예산 투입 대비 효율성) 본 성과를 생산한 한-EU 과제(과학기술국제화사업, NRF, 과제 : 이형연)의 1년 예산은 1.5억이었고, 본 기술이전 총 수입은 5,300만원인 점을 고려하면 투입예산 대비 효율적 성과를 낸 것으로 판단하고 있다.

» 프랑스 기술수출 및 논문(SCI) 생산 관련 정부 포상

- 본 연구자는 미래형 원전의 설계평가 기술을 개발하여 선진국에 기술 수출함으로써 국내 원자력기술을 세계적 수준으로 끌어올렸으며, 원전의 안전성 제고에 기여하였다고 평가받아 2019년 제52회 과학의 날(2019.04.22) 정부 포상에서 국무총리 상을 수상하였다.

» GEMMA 과제 성과로 한국원자력연구원장 표창 및 대한기계학회 포상

- 본 연구자의 1차 프랑스 기술수출(2017년11월, HITEP_RCC-MRx Version 1.0 기술이전)에 이은 후속 기술이전(2019년 2월, HITEP_RCC-MRx Version 3.0 기술이전), 그리고, 관련 다수 논문(SCI)의 생산공로로 KAERI 원장 표창(특별상)을 수상하였다 (2020.04.06., KAERI의 연구직종 1,300명 연구원 중 3위 입상, Fig. 6 좌측).
- HITEP_RCC-MRx 활용 일반 배관기술기준의 비보수성 우려 및 대처방안 관련 대한기계학회(KSME) 발표 논문이 우수 논문상으로 선정되었으며, 동 연구결과도 Horizon 2020 과제의 성과로 볼 수 있다(2019.04.11, Fig. 6 우측).

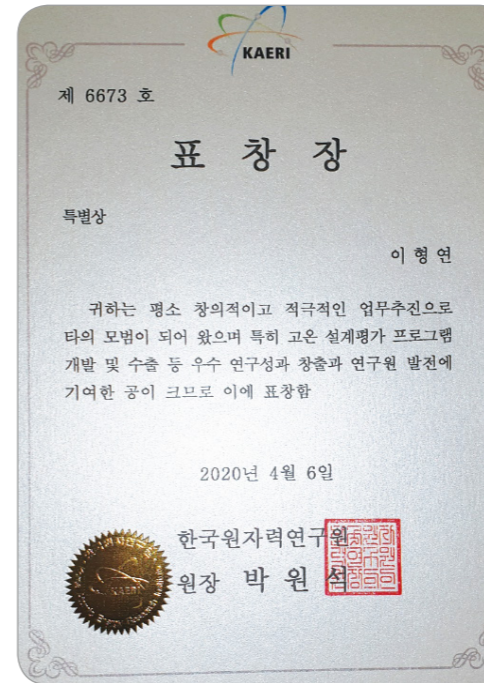
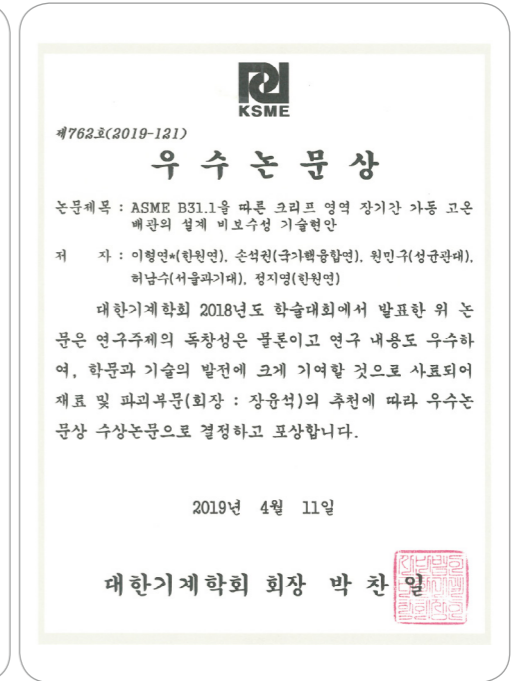
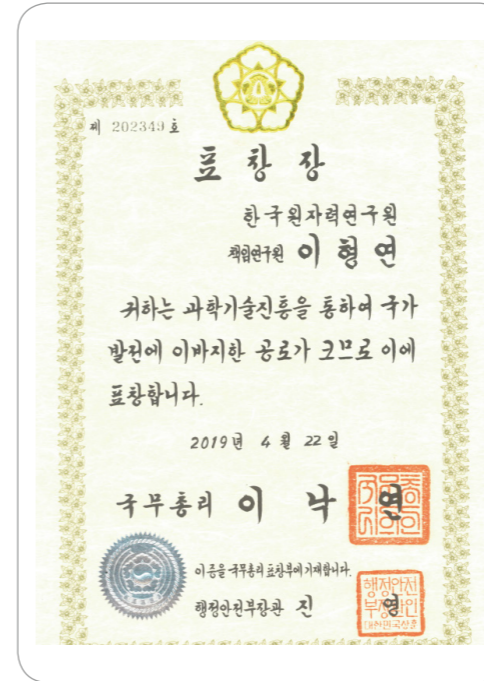


사진 1 GEMMA 과제 참여 성과

5

참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

장점

- EU 과제(Horizon)는 기본적으로 다자간 연구기반이어서 유럽의 여러 선진기관과 기술교류가 가능하며, 과제에 따라서는 미국 등을 포함한 다른 non-EU 선진국도 in-kind로 참여하고 있어 세계적으로 그 어떤 국제공동과제보다도 활발한 다자간 국제공동연구의 기회가 될 수 있다.
- EU 수준에서 첨단기술 분야를 포함하는 최신 대형 국가 프로젝트를 수행하는 경우가 많아 한국측 연구자가 동 선진 프로젝트에 참여하는 것이 가능하다.
- 대개의 경우 연구기간이 4-5년으로 비교적 안정적 연구개발을 가능하게 하며, 중장기 R&D 연구가 필요한 분야는 파생 Horizon 과제에 추가로 계속 참여할 수 있는 기회도 비교적 많은 편이다.
- 한-EU 과제는 NRF 지원의 타 국제공동연구 과제 대비 연구비 규모가 큰 편이다.
- NRF의 한-EU 과제는 연구자에게 비교적 높은 자율성을 부여하기 때문에 생산성 향상에 도움이 된다.
- Horizon 과제에서는 대부분 교육기회(summer school 등)가 주어져 국내 연구자에게 재교육 기회를 제공할 수 있다.

단점

- 한-EU 과제는 1인 1과제 참여를 제한하고 있어 하나의 과제 수행 중 기획 중인 다른 파트너로부터 초빙을 받아도 다른 Horizon 과제에 중복 참여할 수 없다. 3책5공 규정이 적용되는 과제이니 만큼 2개 과제까지는 참여기회가 주어지거나 중복기간 동안이라도 과제지원이 가능하도록 규정완화에 대한 검토가 필요하다.
- 한-EU 과제는 1인 2과제 중복 참여를 허용하지 않아서 종료기간이 1년 이내인 경우에도 타 과제에 참여하는 것을 지원하지 않아 다음 과제 참여에 어려움이 있다. 실제로 본 연구자의 경우 현 수행 중인 과제는 2021년 11월 말에 종료되는데, 초빙을 받아 2020년 10월 착수하는 신규 H2020 과제 참여에 대해 EU에서는 승인을 받았지만, 2과제 중복 참여가 불가하여 초기 1년 2개월은 참여가 불가한 상태이다.
- 연구비 규모가 매년 1.5억을 상한으로 정하고 있어 장비 구매 등 초기 투자가 필요한 과제에서는 재정상 어려움이 있다. 또한 재정상의 한계로 더 큰 성과를 기대하는 것이 현실적으로 어려운 실정이다. 평균 1.5억 (6억/4년) 형태로 운영될 수 있다면 도움이 될 것으로 보인다.
- EU 기술회의(대면회의, 진도점검회의 포함) 관련 EU 권역에서 당일 행사로 회의를 진행하는 경우가 많은데, 국내 연구자는 이런 회의에는 참석이 어렵다.

공동연구 지원과정에서 도움이 되었던 부분

- 한-EU 과제는 관련 분야의 많은 유럽 연구자들과의 네트워킹에서 매우 중요한 가교역할을 해준 과제였다. 본 연구자는 3번째 한-EU 과제(MATTER, MatISSE, GEMMA)를 수행 중에 있는데, NRF의 동 연구비 지원으로부터 활발한 EU와의 기술교류도, 원천기술을 가진 기술선진국 프랑스에의 기술수출도 가능했고, 또한 국내 기술 수준을 한 차원 끌어 올리는데 있어 한-EU 과제에서 연구비 지원이 절대적으로 기여하였다고 판단된다.

6

기관 및 연구책임자 소개

한국측 기관 및 연구책임자

- 한국원자력연구원은 정부출연연구기관으로, 1959년 설립된 국내 유일의 원자력 종합연구개발 기관이며, 지난 60년간 경수로·중수로 핵연료 국산화, 울진 원전 3,4호기 등에 적용된 한국 표준형 원전 핵증기공급계통 설계, 연구용원자로 하나로의 자력설계 건설 등은 물론 제4세대 원자로개발 등의 연구개발을 수행해오고 있다. 대전소재이고, 1,670여 명이 종사하고 있다.
- Horizon 2020 GEMMA 과제의 연구책임자인 이형연은 기계공학 전공(파괴역학, KAIST, 1995년, 공학박사)이며, 1986년 2월부터 한국원자력연구원에 재직 중이다. 현재 제4세대 원자로연구개발 과제에 참여하고 있고, 관련하여 H2020 GEMMA과제도 수행 중에 있다. 프랑스의 RCC-MRx(고온설계기술기준) 위원회 위원으로 활동(2016~)하고 있고, 원자력 분야 저널의 Editor (Academic Edito of Science and Technology of Nuclear Installations (Impact factor : 0.63 (2017)) (2014~)로 활동 중이다. 총 55편의 국제저널 논문(그 중 33편의 SCI 논문은 주(&교신)저자)과 총 23편의 국내저널(KCI) 논문(그 중 14편은 주(&교신)저자)을 게재하였다.

EU측 기관 및 연구책임자

- 이탈리아의 ENEA는 정부 소속의 연구개발기관으로 원자력연구개발 사업을 수행하였으나 이탈리아 정부의 탈원전 정책 결정 이후 에너지 및 환경 분야로 영역을 확대하여 다양한 연구 개발 사업을 수행 중이다. 1952년 설립(CNRN)되었고, 직원 2,500여명, 예산 약 3억 유로 (2009년 기준) 규모로 제4세대 원자로 및 ITER 연구개발도 활발하게 진행해오고 있다.
- GEMMA 과제의 Coordinator인 Dr. P. Agostini (ENEA, Italy)는 기계공학 전공으로 1984년부터 ENEA에 재직하며 소듐냉각고속로(SFR), 납냉각로(LFR), 핵융합로(ITER) 등 다양한 고온구조 분야에서 실험, 해석, 설계 등의 업무를 수행해왔고, 본 연구자가 참여했던 EU FP7 MATTER의 Coordinator역할도 수행하는 등 대형국제공동과제의 Coordinator 역할을 여러 차례 수행한 바 있다.

7

부록 : GEMMA 과제 게재 논문 (최근 3년, 국외논문 SCI) (국내 게재논문 생략)

1. H.-Y. Lee, J.-Y. Jeong, "Quantification of conservatism in pressure vessel design subjected to long-term creep conditions as per ASME Section VIII Division 2," *Int. J. Pressure Vessels and Piping*, Vol.180, pp.1-15, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2019.104039>
2. M.-G. Won, S.-H. Jeong, K.-H Kim, H.-Y. Lee, J.-B Choi, N.-S. Huh, "Development of creep elastic follow-up factor solutions for piping design of high-temperature reactor under combined primary and secondary loadings," *Int. J. Pressure Vessels and Piping*, 182, pp.1-11, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2020.104074>
3. H.-Y. Lee, S.-K. Son, M.-G. Won, and J.-Y. Jeong, "Risks of non-conservative design according to ASME B31.1 for high-temperature piping subjected to long-term operation in creep range," *Nuclear Science and Techniques(ESCI)*, Vol. 30, issue 5, pp.1-11, 2019. <https://doi.org/10.1007/s41365-019-0604-4>
4. H.-Y. Lee, M.-G. Won and N.-S. Huh, "HITEP_RCC-MRX program for the support of elevated temperature design evaluation and defect assessment," *Journal of pressure vessel technology, Transactions of ASME*, 141, October, 051205-1~13, 2019. <https://doi.org/10.1115/1.4043916>
5. H.-Y. Lee, J.-H. Eoh and J.-Y. Jeong, "Elevated temperature design and integrity evaluation of a large-scale sodium test facility, STELLA-2," *Nuclear Engineering and Design*, 346, pp.54-66, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2019.104039>
6. M.-G. Won, K.H Kim, N.S. Huh, W.G. Kim, H.-Y. Lee, *Engineering C*-integral and COD estimates for non-idealized circumferential through-wall pipes at elevated temperature, Fatigue and Fracture Eng. Mater Struct.*, Vol.42, no.2, 494-503, Feb., 2019. <https://doi.org/10.1111/ffe.12925>
7. W.G. Kim, J.-Y. Park, M.-G. Won, H.-Y. Lee, N.S. Huh, "Non-linear modeling of stress relaxation curves for Grade 91 steel," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol.32 (3), pp.1143-1151, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12206-017-0706-z>
8. H.-Y. Lee, M.-G. Won, S.-K. Son and N.-S. Huh, "Development of a program for high-temperature design evaluation according to RCC-MRx," *Nuclear Engineering and Design(SCI)*, 324, pp.181-195, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2017.08.034>
9. D.-W.Lim, J.-Yoon, J.-H. Eoh, H.-Y. Lee, J.-Y.Jeong, Design methodology for insulating and cooling of a small modular reactor head by high temperature structural-thermal-fluid analysis, pp.1881-1248, *Journal of Nuclear Science and Technology*, 2017. <http://dx.doi.org/10.1080/00223131.2017.134458103>.
10. W.G. Kim, J.-Y. Park, M.-G. Won, H.-Y. Lee, N.S. Huh, "Evaluation of tension and creep rupture behaviors of long-term exposed P91 steel in an ultra-supercritical plant," *Engineering Failure Analysis*, Submitted, August, 2019.
11. S.-H. Jeong, M.-G. Won, J.-B Choi, W.-G Kim, H.-Y. Lee, N.-S. Huh, "On Elastic-Plastic Creep Fracture Mechanics Parameters Estimates of Non-idealized Axial Through-Wall Crack in Pressurized Pipe," *Int. J. Pressure Vessels and Piping*, Submitted, October, 2019.
12. H.-Y. Lee, D.-W. Lim and J.-Y. Jeong, "Effects of Long-Time Service at High Temperature on the Material Strength and J-R Curve of Grade 91 Steel," *Engineering Fracture Mechanics*, 178, pp.445-456,2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfracmech.2017.02.022>
13. H.-Y. Lee, H.-M.Kim, J.-B.Kim, J.-Y.Jeong, "Design and integrity evaluation of a finned-tube sodium-to-air heat exchanger in a sodium test facility," *Journal of pressure vessel technology, Transactions of ASME*, 139(3) pp.031203-1~13, June 2017. <https://doi.org/10.1115/1.4035038>
14. Jeong-Hwan Lee, H.-Y. Lee, Seong-Gu Hong, Soon-Bok Lee "Fatigue crack growth behavior of Mod.9Cr-1Mo steel at elevated temperatures: Effect of temperature, loading frequency and R ratio, *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol.31(8), pp.3665-3669, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12206-017-0706-z>

» 한-EU 공동연구 수행사례집 «

EU협력진흥사업



01 실버라이프: 개별화된 치매 선별과 근거기반 중재
김형숙 · 한양대학교

02 첨단 에너지·환경 분야 응용의 바이오매스 기반 나노소재 개발을
위한 한-EU 네트워크 구축
한성욱 · 한국에너지기술연구원

01

치매 예방을 위한 프로토콜 기반 신체활동 (Physical activity) 중재 어플리케이션 개발



사업기간 2019.12.01 ~ 2020.11.30 사업비 25백만원

작성자 한양대학교 | 김형숙

1

프로젝트 개요

» 과제 개요는 다음과 같다

- Call ID: SC1-DTH-02-2020
- Call title: Personalised early risk prediction, prevention and intervention based on Artificial Intelligence and Big Data technologies
- 사업기간/예산: '20.11~'24.4 (42개월)/ Budget 6M€ (약 81억)
- 과제명: Personalised health assessment for the elderly and fact-based intervention - SilverLife

» 실버라이프는 기능 및 인지능력 저하 조기 위험분석을 통해서 고령자의 삶의 질을 개선하는 것을 목표로 한다. 위험분석을 통한 초기 위험 예측 모델은 신체기능과 인지능력의 저하를 예방하기 위한 조기 중재 치료의 적용이 가능하다.

» 실버라이프의 목표 집단은 당뇨, 심장질환, 고혈압, 경도인지장애(MCI) 등 인지, 대사, 심혈관질환 등 가벼운 만성질환이 있는 지역사회 활동이 가능한 활동적이고 비교적 건강한 노인이다.

» 실버라이프는 기능 및 인지기능 저하 예방에 초점을 맞추고, 차세대 스마트폰과 웨어러블 기기를 통해 일상 활동 중 사람이 생성하는 데이터의 모니터링, 기록, 처리를 통해 헬스케어 및 사회복지 서비스에 대한 사람들의 요구에 따라 서비스를 통합 제공을 목표로 한다.

» 또한, 실버라이프는 미술 전시회, 갤러리, 박물관, 노인들을 위한 사회 복지시설에 방문하여 상호작용이 가능한 복합환경(mixed reality)기반 어플리케이션과 기능성 게임의 상호작용을 통해 사회적 문화적 상호작용에 대한 노인들의 반응 행동 데이터를 수집한다.

» 따라서 실버라이프를 통해 제안된 행동 데이터 수집 및 분석 모델의 접근방식은 임상적 검사를 위해 반드시 병원에 방문해야 할 필요가 없으므로 사용자 친화적이며, 사용자들의 수용성을 크게 향상할 수 있을 것이다.

» 치매와 관련된 질병은 효과적인 개입을 통해 조기에 진단하고 중재 치료를 통해 현저하게 느려질 수 있다. 본 과제를 통해 제안되는 새로운 도구는 AI와 빅데이터 분석을 기반으로 개인의 활동과 건강 상태(개인화된 도구)를 모니터링하고 점검한다. 그 결과에 기반하여 중재 치료는 개별적인 만성질환의 관리법에 맞게 맞춤형으로 설계된다.

» 임상적 관점에서 SilverLife 프로젝트는 EU가 기 지원한 프로젝트인 FrailSafe, MPI_AGE, EFFICHRONIC 등의 성과물인 취약성 모델(frailty model)에서 시작할 것이다. 또한, SilverLife 컨소시엄은 기능적/인지적 쇠퇴의 예방과 치료를 위한 국가적 규모의 정책에 적용이 가능한 최첨단 기술을 사용할 수 있는 한국의 참여 기관들을 통해 핵심 아이디어를 제공받을 예정이다.

» SilverLife 프로젝트는 신경인지 재활 및 취약성 예방에 혁신적 기술의 사용에 관한 이탈리아의 국내 연구개발 프로젝트인 Multiplat-AGE와 연계하여 진행될 예정이다. 연계된 두 프로젝트는 시너지를 발휘하게 되어 지역 및 EU 국가 차원에서 심층 확산할 수 있을 것으로 기대된다.

» 한국 공동연구진(한양대 컨소시엄/ KAIST 컨소시엄)은 국가 전략과제(HEADING) 비대면 디지털 헬스케어 프로젝트와 연계하여 SilverLife 연구를 진행할 예정이다. SilverLife와 HEADING 프로젝트는 하나의 플랫폼으로 차별화된 콘텐츠를 사용하는 One source multi use 형식의 연계 프로젝트로 진행될 예정이다.

» 제안된 기술 인프라는 다음과 같은 주요 구성 요소로 구성된다.

- 프로젝트에서 개발된 새로운 하드웨어 및 소프트웨어 기술에 의해 확장되고 통합된 차세대 웨어러블 및 스마트폰(다음 등)
- 휴대용 호흡 분석 도구,
- 움직임 및 행동 분석을 위한 레이더 기반 기술,
- 수집된 데이터의 데이터 분석 프로세스를 지원하는 AI/ML 기반 클라우드 구성 요소

» SilverLife 기술 플랫폼은 SilverLife 서비스의 분석, 예방 및 개입을 지원하는 모바일 앱 생태계의 기록 및 데이터 분석 기능을 지원하는 클라우드 컴포넌트로 구성된다. SilverLife 과제는 가용한 복수의 데이터 자원을 활용한 예측, 예방, 개입을 위한 AI/ML과 그 밖의 최첨단 기술을 바탕으로 EU와 한국의 프로젝트를 시작으로 종합적인 모델을 개발·검증하고, 이를 개인 맞춤형 건강관리 방법에 통합하는 것을 목적으로 한다. 개인화된 건강관리 방법은 위험 완화, 예방 및 맞춤형 중재 치료의 핵심적인 솔루션이다.

» 이러한 개인화된 건강관리 모델은 기능 및 인지 감소 방지 통한 위험 완화전략을 위 - 신체활동 선별검사

- 문화 콘텐츠, 특히 미술관 전시품과의 상호작용
- 예방, 진단, 개입 방법 등을 지원하는 기능성 게임과 모바일 Mixed Reality 앱

» 강화된 예측은 다중 시간적 호흡 분석(사용자의 수용도를 높일 수 있도록 값이 싸고 휴대할 수 있는 기기를 고령자를 위한 서비스로 활용)의 방법과 분석, 동작 및 동작 분석을 위한 멀티모달 센서와 'IR-UWB 레이더 기술'을 이용한 바이오마커 연구 기록 등을 통해 구현된다.

» 이번 다중시간 척도 측정(실시간부터 장기 측정까지)은 고급 AI/ML 기법으로 분석되는 풍부한 데이터 저장소를 제공해 더 정확한 상태 및 상태 진단과 예측을 제공할 예정이다.

» 이러한 혁신적인 ICT 기반 솔루션은 하나 이상의 조건을 해결하고 고급 예측 모델에서 적절히 개인화된 예방 조치(예: 행동 변화, 식이요법, 중재, 약물치료, 1차 예방)를 유도하는 방법을 모색할 수 있다.

- 다중 조건 → 인지 및 기능 저하
- 예방조치 → 운동/퍼즐/게임, 예술(시각·음향 예술)과의 상호작용, 문화 콘텐츠 등

» SilverLife 접근방식은 개인이 자신의 개입 계획을 투명하고(즉, 일상생활에 통합됨), 상호작용적이고 매력적인 방식으로 성공적으로 채택하고 따를 수 있도록 지원할 것이다.

프로젝트 참여기관

- » EU 참여기관 : (EU) 7개국 17기관, (Coordinator) Prof. Antonio Camurri (제노바 대학(대학5) University of Genova(IT), University of Patras(ES), University of Sheffield(UK), University of Ferrara(IT), University of Kiel(DE) (병원1) E.O. Ospedali Galliera, Genova(IT) (연구기관2) Ethniko Kentro Erevnas kai Technologikis Anaptyxis(EL), European Geriatric Medicine Society(DE) (중소기업6) Noesis Technologies P.C.(EL), Alpes Lasers S.A.(CH), Argos Messtechnik GmbH(DE), Brainstorm3D(ES), Gruppo SIGLA(IT), DBC Europe(BE) (대기업3) REALE Seguros(ES), SAMSUNG Electronics EU (mobile, display), SAMSUNG SDS EU

» 국내 참여기관 : 한양대학교 컨소시엄, KAIST 컨소시엄, 삼성의료원, 중앙대병원, 한양대병원, 쥘다카르디안, 이모비인터랙티브랩스 (일부 변동 가능)

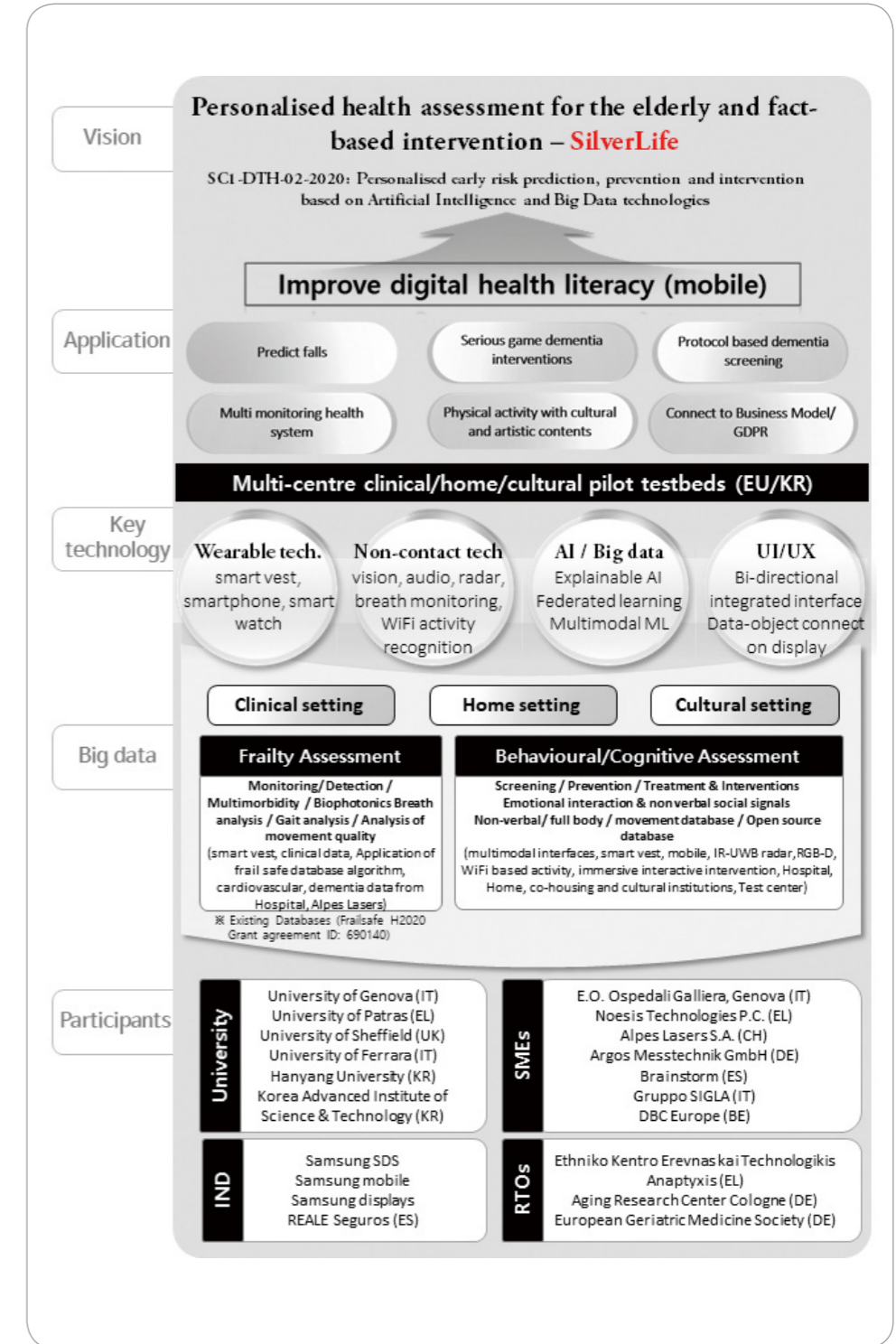


그림 1 프로젝트 추진 개요

2 참여 동기

- ▶ 인간의 행동이 문화 산업의 원천이고, 인간의 행동 이해로 다양한 사회문제들이 해결될 수 있다는 사회적 공감대가 형성되고 있다. 또한, 다양한 학문 분야에서 인간 개개인의 행동 분석을 통해 인간의 행동을 설명하려는 시도가 계속되고 있다. 그 예로 움직임 분석(무용/체육), 애니메이션 분야(모션캡처), 행동경제학, 행동 의학, 실험심리학, 뇌인지과학, 정신건강의학, 헬스케어 분야 등을 들 수 있다.
- ▶ ICT 기술의 발전을 통해 다양한 정보통신 기기가 개발되고 활용되고 있으며, 이러한 과정에서 인간-기계 상호작용 분야의 발전이 더욱 강력하게 요구되고 있다. 새로운 기술과 기기를 개발할 때 필요한 사용자 인터페이스(UI)와 사용자 경험(UX)의 중요성이 더욱 강조되고 있다. 이때 사용되는 연구 방법은 과거의 설문과 관찰법에서 센서와 인공지능 분석 기술을 통한 실시간 방법으로 점점 발전하고 있다.
- ▶ 뇌인지과학 분야에서도 뇌 신호에 대한 분석과 함께 인지와 행동, 감정의 상관관계에 관한 연구 필요성이 지속해서 증가하고 있다. 가장 명확하게 측정될 수 있는 변인은 외현적으로 나타나는 인간의 행동이다. 행동 측정에 대한 객관적, 정량적 측정 방법의 발전을 통해서만 인간의 의도를 가장 객관적으로 평가할 수 있기 때문이다.
- ▶ 인간행동에 대한 정량적 분석 기법의 발달로 융합연구 성공 가능성이 증가하고 있다. 과거 심리학, 인간공학, 무용/체육 분야에서 개별적으로 활용되던 연구 방법들이 ICT 기술 발전을 통해 학문 분야의 경계를 깨뜨리고 융합 가능성을 높여가고 있다.
- ▶ 그러나 현재 국내 연구 분야별 국가연구개발비의 비중을 보면 공학, 의학 위주로 인간행동에 대한 연구 비중은 전혀 없는 실정이다. 이에 본 연구자는 국내에서 연구개발 수행 도전만으로는 현실적인 어려움을 극복하는 것이 불가능하다는 결론을 내렸다.

○ 세계적인 비언어적 의사소통 분야 연구자와의 글로벌 연구 네트워크 형성

- ▶ 해외 연구자와의 연구네트워크 형성을 지원하는 연구재단의 글로벌연구네트워크 사업을 통해, 세계적으로 가장 활발히 연구를 진행 중인 이탈리아 제노바 대학의 안토니오 까뮤리 교수와 함께 연구를 진행하고자 하였다.
- ▶ 제노바 대학 인포무스 연구센터의 안토니오 까뮤리 교수는 컴퓨터 음악을 전공한 연구자로서 25년간 EU-IST, FP6, FP7, H2020, Culture program 등 유럽에서 지원하는 다양한 연구과제를 코디네이터와 공동연구자로 수행하였다. 그의 연구소인 InfoMus research center의 InfoMus는 Infomation of Music의 앞글자를 따서 만든 축약 자이다.

- ▶ 또한 안토니오 까뮤리 교수 유럽 내 ICT 분야의 전문가와 예술가들이 함께 연구하고 창작활동을 지원하는 ICT-ART connect의 프로젝트 핵심 연구자이자 keynote 연설을 진행하던 세계적으로 우수한 비언어 의사소통 인간행동 모델분야 연구자이다. 안토니오 교수는 1986년도부터 “Dance and movement notation”에 대한 논문을 작성하며, 컴퓨터 음악과 움직임을 연계한 연구를 계속해서 진행하였다. 특히 연구자들의 합주 과정에서 연구자들 간의 상호작용에 대한 사회적 행동분석 연구들을 진행해왔다. 또한 글로벌 기업인 Intel의 지원을 받아 멀티모달 센서들을 통해 다양한 음악적, 시각적 효과를 저작할 수 있는 Eyesweb이라는 프로그래밍 저작물을 개발하기도 하였다. 최근에는 신체의 움직임을 통해 최첨단 미디어 기기와 상호작용하며 수학과 미술, 무용을 배울 수 있는 기능성 게임(serious game) 개발을 진행하고 있다.

○ 최초 컨택 시 연구 네트워크 형성 전략

- ▶ 안토니오 까뮤리 교수와 최초 연구 네트워크 형성에는 연구책임자인 김형숙 교수의 전공 분야와 연구 주제에 대한 공통 관심으로 쉽게 형성할 수 있었다. 최초 연구재단 글로벌 연구네트워크(GRN) 과제 계획(2016년 선정과제, 비언어적 의사소통 서비스 플랫폼 개발을 위한 기반 연구 교류 - 움직임기반 인간-컴퓨터 상호작용 중심)에서는 이탈리아 제노바 대학의 안토니오 까뮤리 교수, 프랑스 파리 11대학의 사라 프딜리히 교수, 한국의 한양대학교 김형숙 교수, 부산대학교의 데이비드 오 설리번 교수가 참여하여 비언어적 의사소통에 관한 주제로 워크숍을 개최하였다.
- ▶ 2016~17년 GRN과제 1차 년도에 이탈리아 제노바 인포무스연구센터에서 개최된 워크숍을 통해서 공동연구자들의 기존 연구 활동을 공유하고 함께 연구할 분야에 대한 논의가 이루어졌다. 이때 안토니오 까뮤리 교수는 향후 지속적인 연구 네트워크를 이어갈 것을 제안하였고, 파리 11대학의 사라 프딜리히 교수는 무용에 관련 연구가 아니라면 적극적인 참여가 어렵다는 의사를 표시하였다. 본 워크숍을 통해 향후 공동으로 진행될 연구의 방향성이 설정되었다.
- ▶ 2016~17년도 GRN 2차 년도 중에는 2가지 환경의 연구를 진행하였다. 최초 진행된 실험은 실험실 세팅을 통해 아로마 요법이 청소년의 학습 집중력에 미치는 영향과 기지개와 유사한 특정 동작의 운동학적 변인에 미치는 영향에 관하여 연구하였다. 첫 번째 연구결과 아로마 요법이 학생들의 학습 행동에도 미치는 영향이 있을 것이란 가설을 입증하기 위하여 서울 한 고등학교의 수업 시간을 촬영하여 아로마 향 유무에 따른 학생들의 행동 패턴을 분석하고자 하였다.

GRN 사업 전 공동연구 의사를 타진하는 단계에서는 연구자의 전공 및 관심 분야가 무용/체육분야의 움직임 분석 연구인 것이 유럽 측 연구자들에게 오히려 장점으로 작용할 수 있었다. 이는 이미 안토니오 까뮤리 교수가 음악을 기반으로 한 문화예술 콘텐츠와 ICT 기술의 융합연구에 대한 관심이 있었고, ICT 연결 쪽에 강점이 있는 연구자였기 때문이다. 안토니오 까뮤리 교수는 한국 연구자들의 STEAM 교육 콘텐츠 및 공연예술과 접목된 인터랙션 콘텐츠에 관한 적극적인 관심을 표현하였다. 또한, 연구네트워크 형성 시 부산대학교 데이비드 오설리번 교수도 큰 역할을 하였다. 부산대학교 데이비드 오설리번 교수는 아일랜드인으로 유럽 측 연구자들과의 공동연구 문화에 대한 이해가 깊어 연구자들과의 개별적으로 연락을 진행할 때 오해가 생기지 않도록 많은 노력을 기울였다.

2016년부터 2019년까지 3년간의 GRN 연구기간 동안 공동연구를 수행하며, 다양한 연구관심 분야에 대한 의견을 교환하고, GRN 이후에도 지속적인 연구네트워크를 구축하는 것에 대해 상호간 동의하였다.

공유한 여러 가지 아이디어 중 한국 측에서는 움직임 분석의 핵심 아이디어(원천 기술)를 다양한 사회문제 해결에 활용할 수 있는 방안에 대한 비즈니스모델(BM)을 핵심아이디어로 제안하였다.

그동안 안토니오 교수는 움직임 행동에 대한 컴퓨테이션 모델을 개발하는 미래기술 개발에 대한 연구(TRL 1~4)를 수행하던 기초연구자로 상품화 BM 개발 측면에 관한 기술 개발(TRL 5~7)과 콘텐츠 연계 역량에 대한 갈증이 있는 상태였다. 이러한 상태에서 안토니오 까뮤리 교수는 한국 팀(김형숙 교수)의 아이디어를 통해 TRL 5~7에 해당하는 연구개발 과제에 대한 로드맵을 공유하고 그 아이디어를 핵심 아이디어(core idea)로 함께 연구개발을 진행하기로 합의하였다.

치매, 노인의 사회문제에 대한 역량을 강화하기 위해 이탈리아 의사, 재활치료사 등과의 워크숍을 통해 한국 측에서 가지고 있는 다양한 사회문제 해결방안 아이디어를 공유하였고, 의사와 재활치료사도 가치 있는 연구 아이디어임을 인정하고 합류를 결정하였다.

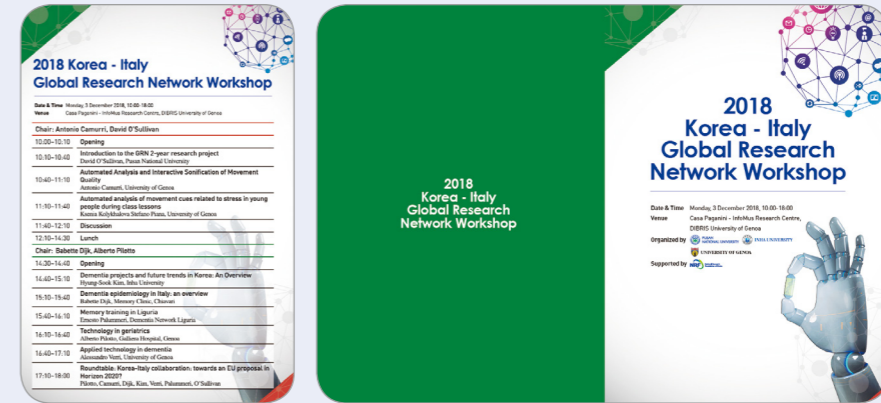
안토니오 까뮤리 교수는 유럽 내 컨소시엄 구성을 위해 그리스의 NOESIS 社の Dmitris에게 우리의 핵심아이디어를 설명하고, 관련 연구를 함께 진행할 수 있는 연구팀을 섭외하여 컨소시엄을 구성하는 역할의 일부를 맡기게 되었다.

〈한-이탈리아 글로벌 연구 네트워크 워크숍 개최〉

• 행사 개요

- 일 시: 2018년 12월 3일
- 장 소: 제노바대학 인포무스리서치센터(Casa Paganini-InfoMus research Center)
- 연 제: 2018 Korea - Italy Global Research Network Workshop
- 참석자: David O'Sullivan 외 17명

• 워크숍 포스터 및 자료집 표지



• 행사 사진



3 참여 과정

○ 행동분석 모델, 프로토콜 기반 인지-행동정서 검사 콘텐츠, 최신 인공지능 기술을 연계하여 새로운 사회문제 해결방안에 대한 우수성을 인정받음

» 글로벌 리서치 네트워크 진행 과정 중 Core Idea 제안을 통해 Horizon 2020 지원 컨소시엄 구성에 합의하였다. 최초 컨소시엄 구성은 아래 표와 같이 4개 기관으로 구성되었으며, 두 가지 전략적 옵션에 합의하고 관련 Call을 찾기로 하였다.

- 옵션 1. 핵심 아이디어와 일치하는 call을 찾는다. 옵션 2. 유사한 프로젝트를 찾고 김형숙 교수가 제안한 핵심 아이디어는 파일럿 과제 형태로 진행한다. 향후 새로운 framework program인 Horizon EUROPE이 개시될 경우 우리의 핵심 아이디어로 RFP를 제출한다.

표 1 컨소시엄 참여 기관

	#	참여 기관명	국가
대학	1	University of Genova	이탈리아
	2	HanYang University	대한민국
병원	3	E.O. Ospedalia Gallier, Genova	이탈리아
중소기업	4	Noesis Technologies P.C.	그리스

○ 컨소시엄 구성에 대한 전략과 방안은 코디네이터의 역량으로 해결함

» 초기 컨소시엄을 구성하고 모두 함께 Horizon 2020 프로젝트 Call에 대한 분석을 진행하였고, 이탈리아 제노바 대학 인포무스 연구센터에서 함께 논의를 진행하였다.

- 초기 컨소시엄 회의를 통해 지원 가능한 모든 call을 검토한 결과 현재 핵심 아이디어와 일치하는 call이 없어 진행이 불가능하였다.
- 핵심 아이디어를 중심으로 가장 유사한 call을 검토한 결과, 'Personalised early risk prediction, prevention and intervention based on Artificial Intelligence and Big Data technologies(SC1-DTH-02-2020)'이 김형숙 교수의 핵심 아이디어와 가장 유사하였다.
- 그러나 이전 프로젝트 수행 결과에 기반한 제안서라는 과제 범위에 따라 코디네이터인 안토니오 까뮤리 교수는 call에 해당하는 사업을 수행한 기존 컨소시엄과 함께 하지 않으면 선정이 불가능할 것이라는 의견을 제시하였다.

Scope:
Proposals should build on results of projects[1] and the state of the art in ICT for early risk prediction and introduce innovative ICT solutions ...
※ [1]For example project outcomes from the H2020 topic PHC-21-2015)

- 참고로, 유럽의 framework program인 Horizon 2020이 끝나고 Horizon Europe을 준비하는 시기적 특성 때문에 최초로 시작하는 사업보다는 성과물을 창출하는 연계 프로젝트에 대한 call이 대다수였다. (※ 그리스 연구진 의견)
- 이에 따라 안토니오 까뮤리 교수는 Horizon 2020 사업 중 'PHC-21-2015'에서 데이터수집 프로젝트 과제를 진행했던 Frailsafe의 연구가 가장 유사하다고 결론을 내렸다. 이후 Frailsafe의 코디네이터에게 함께 진행 가능한 연구 아이디어를 제시하였고, 이에 2개의 컨소시엄이 통합하여 공동 컨소시엄을 구성하기로 합의하였다.

○ 제안서 작성에 대한 유럽과 한국의 방식과 제도, 관점의 차이가 있었음

- » 초기 컨소시엄 구성 시, 이탈리아 제노바 출장과 삼성전자, 삼성SDS의 참여에 대한 세부논의를 진행할 때 그리스, 아테네 출장 2번을 제외하고는 SKYPE를 통한 온라인 미팅을 통해 컨소시엄 회의가 진행되었다.
- » 30여 명의 연구자가 온라인 미팅으로만 프로젝트를 준비하다 보니, 그 과정에서 여러 차례의 갈등 상황이 발생하였다. 이는 COVID-19으로 인해 불안정한 환경 속에서 참여해야 하는 이탈리아 의사들이 몇 주간 온라인 회의도 참석할 수 없었던 점, 유럽 측 연구자들이 중요하게 생각하는 것과 한국 연구자들이 중요하게 생각하는 것들의 관점의 차이 등으로 인한 것이었다. 또한, 한국 측에서 제시하는 핵심 아이디어에 대한 반영이 지지부진한 것에 대해 불만을 표한 적도 있었으나, 유럽 측 연구자들은 다양한 의견을 듣고, 왜 그것이 중요한지에 관한 생각을 공유하는 과정을 상당히 오랫동안 지속하였다.
- » 이러한 과정이 연구자들의 연구계획을 세운 데는 아무런 문제가 없었으나, 대기업의 참여와 설득이 필요한 한국으로서는 매우 곤란한 상황이 지속되었다. 삼성과 삼성SDS에서는 계획서 제출 전 모든 것을 논의하여 확정을 지어야 내부 프로세스를 거쳐 과제 참여 여부를 결정할 수 있기 때문이다. 그러나 유럽 측 연구자들은 대략적인 큰 그림을 넣고 세부사항은 과제가 선정되고 나서 3개월 동안 세부사항에 대한 추가적인 논의 기간이 있을 것이라고 했다.
- » 한국 측에선 코디네이터와 연구자들에게 연구내용을 구체적으로 확정 짓기 위해 다양한 방법으로 우리의 의사를 전달하였으나, 대기업과 연구 컨소시엄 간의 의견 교환과 상호 업무 추진 방식의 차이를 극복하기가 매우 어려웠다.

- » 대기업과 조율의 어려움은 전 삼성전자 사장이자, 본 과제에서 기업 협업 코디네이터를 맡은 송성원 전 삼성 사장의 노력으로 다행히 해결될 수 있었다. 하지만 특별한 조건과 전문성을 가진 코디네이터의 역할이 없이는 대기업의 참여에 다양한 어려움이 있다는 것을 확인할 수 있는 과정이었다.
- » 현재 Horizon 2020 프로젝트는 유럽 외 국가 연구자들의 참여할 수 있는 방식을 다양하게 허용하고 있다. 하지만 일반적으로 한국의 연구자들은 유럽의 연구비를 받을 수 없고, 특수한 조건으로만 수혜가 가능하다. 컨소시엄 구성 초기, 코디네이터를 포함하여 한국, 유럽 연구자들이 이러한 특수성에 대한 이해가 부족하여 의사소통에 문제가 있었다.
- » 한국 연구자들의 컨소시엄 구성 참여, 대기업의 현물, 현금 기여 등의 문제에 대해 제도적으로 가능한 부분과 제한되는 부분에 관한 명확한 참고 사례가 없어 진행 과정에서 많은 어려움이 있었다. 이때 KERCC의 지원을 통해 많은 부분 해결이 가능하였다.
- » 최근 COVID-19로 인하여 최초 Call 마감일이 4월 22일에서 6월 18일로 변경되었고, 현재 마감일까지 20일이 남아있는 상태이다. 제안서 양식을 기반으로 전반 부 내용은 대부분 작성이 완료되었으며, Work package의 제목을 확정하고 세부 내용을 논의하며 작성하고 있다.

Horizon 2020 프로젝트 지원을 위한 초기 컨소시엄 워크숍 및 MOU 체결

- » 한양대학교 김형숙 교수와 제노아대학 안토니오 까뮤리 교수는 Horiozn 2020의 프로젝트를 지원하기 위해 컨소시엄을 구성하고, 김형숙 교수의 핵심 아이디어로 제안서를 작성하는 것에 대해 공동협력 업무협약(MOU)을 체결하였다.
 - 일시: 2019년 10월 17일 오전 10시 ~ 오후 5시
 - 장소: 제노아대학 인포무스 리서치 센터 (Casa Paganini-InfoMus research Center)
 - 회의 내용: Decide on a suitable call for EU 2020 and a preparatory strategy
 - 워크숍 사진 및 MOU 체결 문건



사진 1 업무협약 회의 및 MoU 체결

연구팀 온라인 미팅 진행 과정

- » 최초 1월 8일 SKYPE 미팅이 진행된 이후 18회의 전체 미팅이 있었으며, 전체 미팅 이외에도 분야별로 의학 분야 연구자, 인공지능 분야 연구자, IT solution 업체, 디지털콘텐츠 제작업체 등의 세부 미팅을 지속하고 있다.

4 주요 산출물(정량적 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과

2019년 한-EU 협력진흥사업 선정 (한국연구재단)

- » 과제명: “치매 예방을 위한 프로토콜 기반 신체활동(Physical activity) 중재 애플리케이션 개발”
- » 연구책임자: 김형숙 교수(한양대)
- » 참여기관: 한양대학교, 한양대학교 MEB센터, 인하대학교, 제노아대학교(이탈리아), VBC (그리스), 샌안토니오 병원(이탈리아), RSA병원(이탈리아), (주)이모비 인터랙티브랩스

» 연구개발 목표: 본 연구는 EU Horizon 2020 연구 컨소시엄을 통해 국내외 기관별 지속해서 수행한 연구결과를 활용, 연결하여 치매 예방을 위한 프로토콜 기반 신체활동 중재 애플리케이션을 개발하고 이를 활용한 비즈니스모델을 개발하는데 그 목표가 있다. 이를 위해 치매 예방관리 중심의 정신건강 문제를 비약물적 개입인 행동활성화치료(Gray의 BAS & BIS이론)를 적용하여 콘텐츠를 개발하여 누구나 간편하게 고장 없이 어디서나 쓸 수 있는 ICT 서비스 플랫폼(모바일/태블릿PC, 몰입형 환경)을 활용할 수 있도록 하고자 했다.

2016~19년 3년간 연구재단 글로벌 연구 네트워크(GRN) 사업 수행 개요

» 연구재단 글로벌 연구 네트워크 사업 진행 세부 내역

- 기간: 2016년 9월 1일 ~ 2019년 8월 31일
- 과제명: 비언어적 의사소통 서비스 플랫폼 개발을 위한 기반 연구 교류 -움직임 기반 인간-컴퓨터 상호작용 중심
- Exchange of Research network collaboration with Professor Antonio Camurri in University of Genoa

» [2016~17, 1차년도] (영문) Research Exchange for Development of Service Platform Using Non-verbal Communication Interface - focusing on HCI based on Movement and Gesture (국문) 비언어적 의사소통 서비스 플랫폼 개발을 위한 기반 연구 교류 - 움직임 기반 인간-컴퓨터 상호작용 중심

» [2017~18, 2차년도] (영문) Research Exchange for Development of Service Platform Using Non-verbal Communication Interface - Effects of olfactory stimulation on stress and behavior in high school students (국문) 비언어적 의사소통 서비스 플랫폼 개발을 위한 기반 연구: 후각 자극이 고등학생의 스트레스 및 행동에 미치는 영향

» [2018~19, 3차년도] (영문) Research Exchange for Development of Service Platform Using Non-verbal Communication Interface Effect of olfactory stimulation on extending concentration behavior patterns in high school students (국문) 비언어적 의사소통 서비스 플랫폼 개발을 위한 기반 연구: 고등학생의 학습 집중력 유지를 위한 후각 자극이 행동 패턴에 미치는 효과 분석

» 연구책임자: David O'Sullivan(부산대) / 공동연구자: 김형숙(한양대)

» 유럽 측 공동연구자: 안토니오 까뮤리(Antonio Camurri) 교수 (University of Genoa, IT)

» 대표 협력 연구: EyesWEB Analysis Patch Development

- Developed a procedure for automatic analysis of postural data
- Postural data focused on trunk anterior flexion-extension, trunk lateral flexion-extension, and head movements.
- Extracted human pose analysis by EyesWEB was based on the convolution pose machine developed Shih-En Wei, Varun Ramakrishna, Takeo Kanade - The Robotics Institute Carnegie Mellon University.

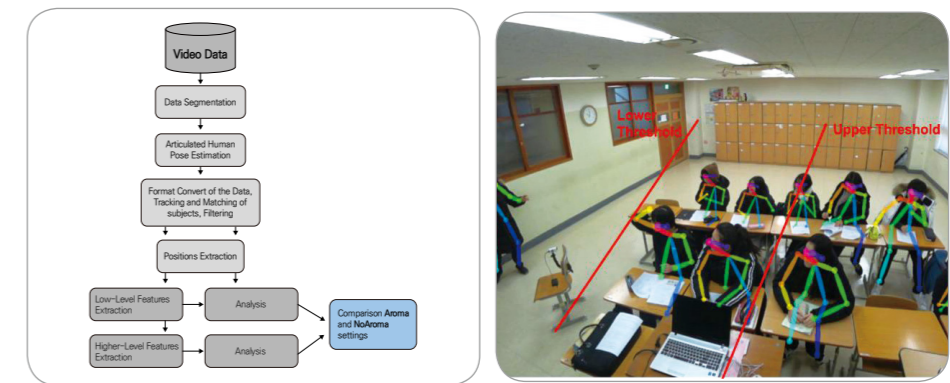


사진 2 글로벌 연구 네트워크(GRN) 과제 수행 개요 및 사진

2016~19년 3차년간 연구재단 글로벌 연구 네트워크(GRN) 성과물 (논문)

» Kolykhalova K., O'Sullivan D., Piana S., Kim H., Park Y., Camurri A. (2019) A Preliminary Evaluation of a Computer Vision-Based System to Detect Effects of Aromatherapy During High School Classes via Movement Analysis. In: Cortez P., Magalhães L., Branco P., Portela C., Adão T. (eds) Intelligent Technologies for Interactive Entertainment. INTETAIN 2018. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering, vol 273. Springer, Cham

» Kolykhalova K., O'Sullivan D., Piana S., Kim H., Park Y., Camurri A. (2019) Computer Vision-Based System to Detect Effects of Aromatherapy During High School Classes via Analysis of Movement Kinematics. In: Stephanidis C. (eds) HCI International 2019 - Posters. HCII 2019. Communications in Computer and Information Science, vol 1034. Springer, Cham

5

참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

- » 연구환경, 문화환경의 차이를 이해하고 지속적으로 협력을 유지해야 한다.
- » 지속적인 연구 교류를 통해 연구 네트워크를 구축하는 과정에서 한국의 ICT 사회 인프라 기반의 장점을 활용하는 연구 방법에 대한 긍정적인 반응을 이끌고 장점을 잘 활용하여 한-EU 연구자의 지속적 교류를 유도해야 했다.
- » COVID-19 이후 해외 이동의 제한에 따라 연구자 교류에 한계가 있다. 이를 다양한 방법으로 네트워크를 유지할 수 있도록 새로운 방안을 강구 해야 한다.

6

기관 및 연구책임자 소개

» 김형숙 (Hyungsook KIM), 한양대학교



한양대학교 산학협력단 한양융합연구센터와 HY글로벌발달센터의 부교수이다. 서울대학교 체육교육과에서 움직임분석/생체역학(박사), 체육교육학(석사), 체육교육(전통무용)으로 학위를 받았다. 주요 연구 분야는 Human Computer Interaction(HCI)의 UI/UX 어포던스 디자인, 라반 움직임 분석 기반 인간행동 연구, 정신건강 관련 움직임 코드 구축, 학습 몰입을 위한 시각 및 오디오 콘텐츠 개발이다.

» Antonio Camurri, University of Genoa



컴퓨터 공학 박사, 제노아 대학교 폴리테크닉 스쿨 DIBRIS 전공 교수이다. 제노아 대학에서 Human Computer Interaction(컴퓨터 엔지니어링 석사 MS, 디지털 인문학의 석사)을 강의한다. 주요 연구 분야는 비언어적 다중모드 인터랙티브 시스템, 비언어적 전신 표현 제스처, 감정 및 사회적 신호의 컴퓨터 모델, 공연예술을 위한 인터랙티브 다중모드 시스템, 문화 콘텐츠의 능동적 경험, 웰니스, 치료 및 재활이다.

제노아 대학 DIBRIS의 Casa Paganini - InfoMus Research Centre of (www.casapaganini.org)의 센터장이며, IEEE CS Tech의 집행 위원회 위원이다. 컴퓨터 생성 음악 위원회이며 이탈리아

인공지능 협회의 창립 회원이다. 또한 PLOS ONE와 Journal of New Misuc Research의 편집위원이다. 국제 과학 저널 및 학술대회에 150여 편이 넘는 출판물을 저술하였다. FP5, FP7 및 Horizon 2020의 유럽 자금 지원 프로젝트 코디네이터이며, 약 20개의 EU 자금 지원 프로젝트 및 문화산업 기관과 소프트웨어 특허를 공동 소유하고 있다. Giannina Gaslini Children Hospital과 증강 재활 공동 연구실인 ARIEL의 공동 책임자이다.(유튜브 채널: <http://youtube.com/InfoMusLab>)

표 2 SilverLife 프로젝트 참여기관

	#	참여 기관명	국가
대학	1	University of Genova	이탈리아
	2	University of Ferrara	이탈리아
	3	University of Patras	그리스
	4	University of Sheffield	영국
병원	5	E.O. Ospedalia Gallier, Genova	이탈리아
중소기업	6	Noesis Technologies P.C.	그리스
	7	Alpes Lasers S.A.	스위스
	8	Argos Messtechnik GmbH	독일
	9	Brainstorm	스페인
	10	Gruppo SIGLA	이탈리아
	11	DBC Europe (GDPR expert, pending)	벨기에
연구기관	12	Ethniko Kentro Erevnas kai Technologikis Anaptyxis	그리스
	13	Aging Research Center Cologne	독일
	14	European Geriatric Medicine Society	독일
대기업	15	REALE Seguros	스페인
	16	Samsung SDS europe	유럽
	17	Samsung Electronics (displays/mobile) (detail pending)	유럽

02

첨단 에너지·환경 분야 응용의 바이오매스 기반 나노소재 개발을 위한 한-EU 네트워크 구축



사업기간 2017.12.01 ~ 2020.11.30 사업비 25백만원 작성자 한국에너지기술연구원 | 한성옥

1 프로젝트 개요

- ▶ 본 연구의 목적은 첨단 에너지 환경 분야에 적용할 수 있는, 높은 효율성과 친환경 특성을 가진 바이오매스 기반의 나노 탄소소재 개발과 응용연구를 위해서 국제협력 네트워크 구축과 공동 연구개발을 위해 한-EU간 R&D 네트워크 구축과 재료 및 에너지 환경 응용관련 기초연구를 수행하는 것이다.
- ▶ 본 연구에서는 기후변화와 관련하여 친환경 특성이 우수한 소재 개발이 매우 요구됨에 따라 바이오매스로 나노소재 하이브리드 탄소 재료를 개발하고 이를 에너지저장 전극소재에 응용하는 기초연구를 수행했다. 친환경 특성과 높은 에너지저장 성능을 가진 전극 소재는 빠른 속도로 증가하고 있는 전기자동차, 대용량 에너지저장 용도의 배터리, 슈퍼커패시터에 적용하기 위해 연구개발이 매우 필요한 분야이다.
- ▶ 바이오매스는 자연에서 볼 수 있는 나무, 풀과 같은 소재로서 자연에서 풍부하게 얻을 수 있고 우수한 기계적 특성을 가지며 친환경 및 지속가능하게 재료를 얻을 수 있는 장점에 의해 첨단 신소재로 개발하기 위한 연구가 많이 수행되고 있다.
- ▶ 바이오매스를 탄화하여 만든 탄소소재는 경제적인 방법으로 제조할 수 있고 바이오매스의 종류에 따라 다양한 구조와 기능을 가지는 재료로 만들 수 있어서 많은 분야에 응용될 수 있다. 특히, 바이오매스는 우수한 다공성과 계층적 구조를 가지고 있어 바이오매스를 원재료로 해서 만든 탄소소재는 에너지저장 용도의 전극소재, 흡착제, 광촉매반응 등에 적용했을 때 우수한 성능을 가지게 해준다.
- ▶ 한국에너지기술연구원과 옥스퍼드 대학은 이전에 수행한 공동연구에 의해 목면, 홍조류 섬유의 바이오매스를 사용하여 탄소소재를 제조하고 이를 커패시터 전극으로 응용하여 기존 석유계 기반 탄소소재를 대체할 수 있는 소재로 개발할 수 있음을 확인한 바 있다.

02. 에너지·환경 분야 응용의 바이오매스 기반 나노소재 개발을 위한 한-EU 네트워크 구축

- ▶ 본 연구에서는 새로운 바이오매스로서 왕겨를 사용하여 특성이 우수한 탄소소재를 제조하고 이를 커패시터 전극에 응용하기 위한 기초연구를 수행하였다. 한국에너지기술연구원에서는 왕겨로 탄소소재를 개발하고 MOF 나노기술을 융합하여 성능을 향상시키는 연구를 수행했고, 옥스퍼드 대학은 전기화학적 분석기법 및 커패시터 전극 소재로서 성능을 측정하는 연구를 수행했다. 두 기관의 상호 협력연구 시스템개요를 그림 1에 표시했다.
- ▶ 또한, HORIZON2020 사업에 진입하기 위한 플랫폼을 구축하기 위해 독일 Siegen 대학의 첨단탄소 소재 응용, 스웨덴 Uppsala대학의 계산 기반 분석기술과 연계하기 위한 전문가 국제협력 네트워크와 플랫폼을 구축했다.



사진 1 한국에너지기술연구원과 옥스퍼드대의 협력연구 시스템

2 참여 동기

- ▶ 한국에너지기술연구원 연구책임자 한성옥과 영국 옥스퍼드대학 화학과 John Foord 교수는 2014년부터 3년간 에너지기술평가원의 지원으로 에너지국제공동연구사업으로 '100nm급 나노셀룰로오스 섬유 기반 탄소소재 개발' 연구를 수행하여 상호기관의 연구내용과 연구시설을 서로 자세히 알고 있고 상호 연구자 교류도 활발했다.
- ▶ 2017년에는 한국에너지기술연구원에서 지원한 주요사업의 글로벌협력사업에 '에너지저장 및 저장 응용을 위한 바이오매스 기반 탄소소재 하이브리드 기능성재료'의 기획과제가 선정되었다. 이 과제는 기획과정을 진행한 후 2018년에 '바이오매스 기반 탄소소재의 나노기술 접목에 의한 고기능화 및 응용연구'를 옥스퍼드대와 실제로 수행하는 연구 사업으로 연계되었다.

- ▶ 기획연구를 통해 옥스퍼드대와 협력하여 'Concept paper of foreign PI for KIER International Cooperation project' 및 'Proposal(Project Plan) for KIER International Cooperation Project'를 함께 작성했다. 사전기획 사업과 수요지향적 공동연구과제를 수행하면서 바이오매스 기반 탄소소재의 성능향상과 응용기술 확대를 위한 협력과 함께 연구를 효율적으로 수행했고 논문 등 공동연구 업적도 다수 확보했다.
- ▶ 또한, 기획연구를 수행하면서 두 기관이 함께 HORIZON2020사업을 추진하기로 논의하고 과학기술정보통신부가 추진하는 한-EU 공동연구지원사업에 협력하여 신청했다. 2017년 12월에 과학기술정보통신부의 2017년도 EU 협력진흥사업 신규과제를 수주했고 참여대상기관을 영국 옥스퍼드 대학, 스웨덴 옘살라 대학과 독일 Siegen 대학 및 한국에너지기술연구원으로 정했다.
- ▶ 본 연구는 유럽 역내 연구개발사업인 EU Horizon2020에 국내 연구진 참여 준비 활동 지원을 통해 한-EU 연구 활성화를 도모하는 것을 목적으로 2018년 Horizon2020 본 사업의 진입을 위한 기획연구를 수행하고 글로벌 네트워크를 구축하는 사업이다.
- ▶ 국제공동연구 상대국 연구책임자는 영국 옥스퍼드대학 화학과 John Foord 교수이고 2017년 12월부터 2019년 6월(19개월)까지, 25백만 원의 연구비를 지원받았다. Concept paper 및 매칭펀드와 같은 실제적인 협력 업무에 대한 상세한 의견들을 상호 교환했고 또한, 상호방문에 의해 보다 효율적인 연구수행과 연구업적을 도출하기 위해 협력연구를 수행했다.
- ▶ 과제협약 시에는 연구 종료일이 2018년 11월(12개월)이었으나 과제를 수행하는 동안 국제공동연구 상대국인 영국에서 브렉시트 등 정부의 연구개발 정책을 확정하기 어려운 시기와 겹쳐 연구기간을 7개월 연장하고 유럽 측 파트너와 H2020 기획 및 공동제안 연구서 제안을 진행했다. 그리고 네트워크를 보다 확장해서 영국 옥스퍼드 대학뿐만 아니라 노팅엄 대학과도 워크숍을 개최했고 영국 패러데이 연구소와도 공동연구 추진을 위한 네트워크를 구축했다.
- ▶ 따라서 본 연구에서는 에너지 환경 분야에 적용할 수 있는, 높은 효율성과 친환경 특성을 가진 바이오매스 기반의 나노 탄소소재 개발과 응용연구를 위해 한-EU간 R&D를 위한 다양한 네트워크를 구축하고 재료 및 에너지 환경에 응용하기 위한 기초연구를 수행했다. 이외에도 그동안 수행한 연구결과들을 기반으로 논문 등 연구업적의 확보와 함께 새로운 글로벌 협력사업 개척을 위해 노력했다.

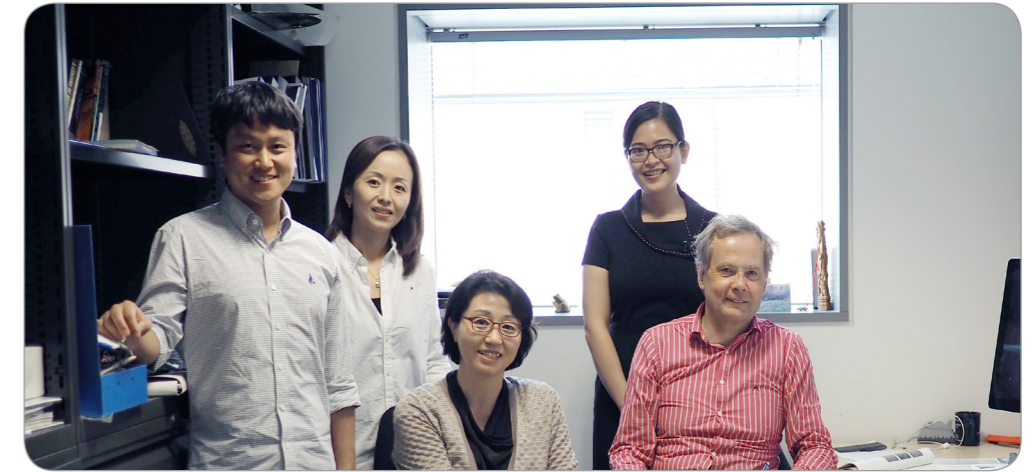


사진 2 2014년 7월 3일(목) John Foord 교수 방문

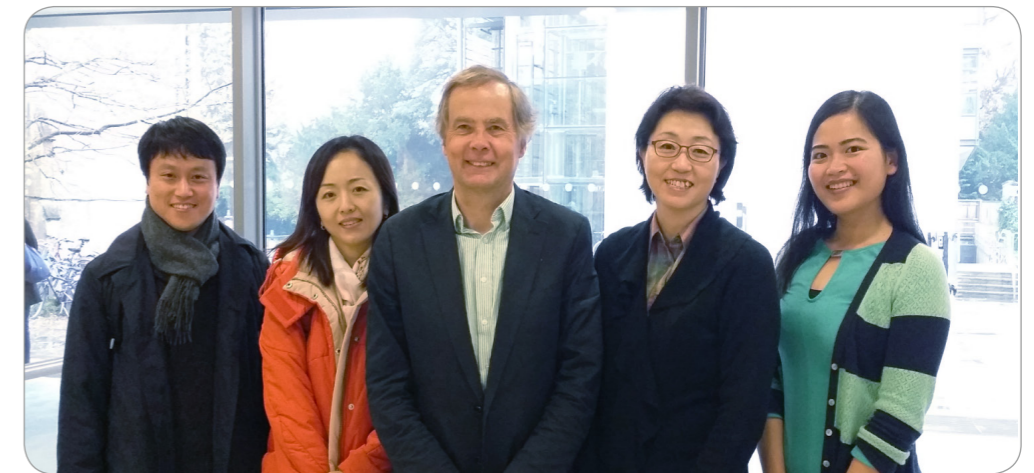


사진 3 2014년 11월 21일(금) John Foord 교수 방문 국제협력 논의

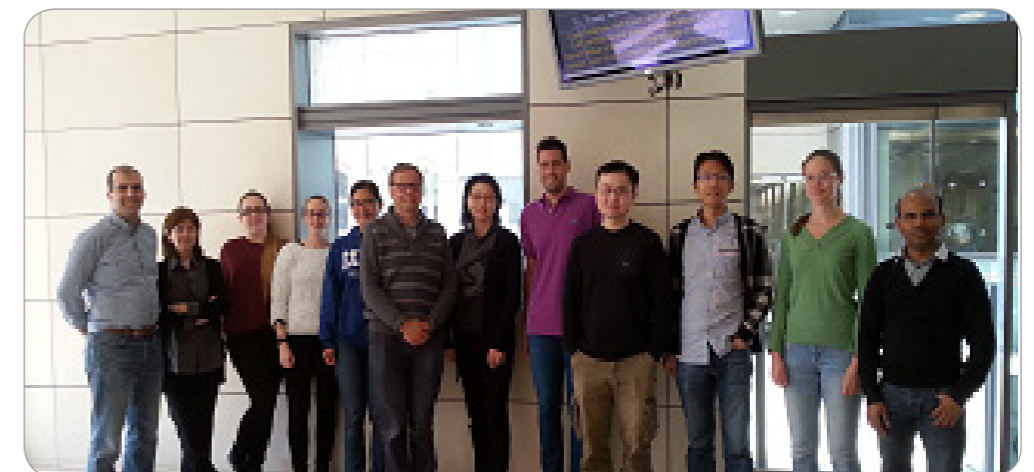


사진 4 2015년 9월 11일(금) John Foord 교수 연구진과 세미나

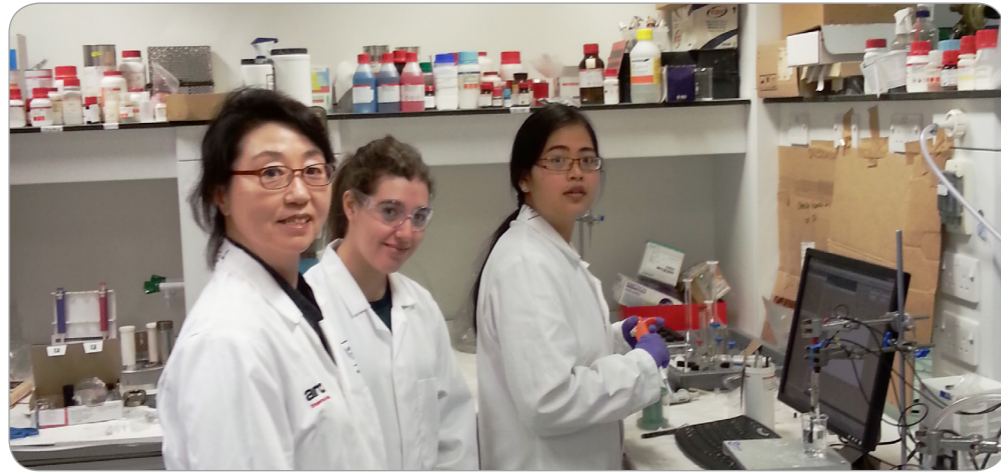


사진 5 2015년 9월 8일(수)-11일(금) John Foord 교수 연구실 실험

3

참여 과정

» 한국에너지기술연구원과 옥스퍼드대는 산업자원부 및 한국에너지기술연구원 주요사업의 지원을 받아 지난 7년간 국제공동연구 과제를 수행하면서 상호 역할분담과 융합에 기반한 국제협력연구 네트워크를 구축했다. 국제협력연구에 의해 목면, 필터종이 및 해조류 섬유 기반의 탄소소재를 제조하고 특성분석과 함께 슈퍼커패시터 전극에 응용하는 연구를 수행하여 우수한 연구결과를 보고한 바 있다. 이러한 결과를 기반으로 당시 HORIZON2020을 수행 중인 옥스퍼드 대학 John Foord 교수를 중심으로 한-EU R&D 국제네트워크를 구성하고자 했다.

» 또한, HORIZON2020 진입 추진을 위해 새로운 바이오매스를 이용한 에너지신소재의 성능향상 및 응용연구를 위한 기초연구가 필요하여 왕겨를 기반으로 제조한 탄소소재에 MOF 등 나노기술을 접목한 새로운 에너지소재를 개발하고 이를 에너지저장소재로 적용하는 기초연구를 수행했다. 한국에너지기술연구원은 왕겨를 이용한 탄소소재 제조와 MOF 나노소재 융합에 의한 특성향상 연구를 수행했고, 옥스퍼드대는 바이오매스 기반 탄소소재를 커패시터의 전극소재로서 성능을 분석했다.

- 두 기관의 상호 역할분담과 협력에 의한 공동연구를 수행하여 우수한 전문 잡지에 논문 게재 4편(Electrochimica Acta 2016, 192, 251-258 등) 및 특허(Carbon Electrode and Method for Manufacturing the same, KR10-1647960 등록 외 다수) 등 정량적 실적을 확보하였고, 바이오매스 기반 탄소소재 제조 및 이를 우수한 전기전도성의 전극소재로 개발 및 응용하는 기술을 공동으로 보유하고 있다.

- 특히, 본 기획연구에서는 기존 연구영역을 확대하여 새로운 바이오매스로서 왕겨를 사용하고 성능 향상을 위해 MOF(Metal Organic Framework)를 적용한 전극소재를 제조한 후 이를 슈퍼커패시터 전극으로 응용하는 연구를 수행하였다. MOF 탄화는 금속산화물/탄소 복합체를 형성하고 이 복합 구조체는 고르게 분산된 금속산화물과 넓은 표면적을 가지고 있어 에너지저장분야에서 플랫폼에 응용될 수 있다.

- 에너지·환경 분야 응용을 위한 바이오매스 기반 에너지소재 개발 연구를 위해 한-EU R&D 네트워크 구축과 함께 HORIZON2020 추진을 위한 기반을 조성했다. HORIZON2020 추진을 위해 한-EU R&D 네트워크는 다음과 같이 진행했다.

- 첫째, 국제공동연구를 오랜 기간 수행하여 우수한 네트워크를 구축하고 있는 영국 옥스퍼드 대학을 중심으로 독일, 스웨덴의 공동연구자 확대를 추진하였다. 한국에너지기술연구원이 기존에 보유하고 있는 바이오매스 기반 탄소소재 제조기술을 보다 향상시키기 위해 옥스퍼드대에서는 전기화학 성능 분석과 탄소소재의 에너지저장 응용분야 검토, 독일 Siegen 대학은 탄소소재 특성분석, 스웨덴 Uppsala 대학은 계산 기반 분석기술의 연구협력을 위해 HORIZON2020 Calls를 분석했다.

- 한국에너지기술(연)과 옥스퍼드대는 지난 7년간 목면, 필터종이 및 홍조류 섬유 기반의 탄소소재를 개발하고 이를 슈퍼커패시터 전극에 응용하는 국제공동연구를 수행하여 우수한 한-영 국제네트워크가 형성되어 있다. 이를 기반으로 HORIZON2020 추진을 위해 영국 옥스퍼드 대학(전기화학 성능시험)을 중심으로 한국 에너지기술연구원(바이오매스 기반 에너지소재), 독일 Siegen 대학(탄소소재 특성 평가) 및 스웨덴 Uppsala 대학(계산과학기반 거동 예측)과 네트워크 구성을 추진했다.

- HORIZON2020은 2008년 금융위기 이후 촉발된 유럽의 경기침체 해소와 경제시스템의 안정화와 미래를 위한 경제적 기회 창출을 위해 과학과 기술을 경제발전, 기후변화, 인구고령화 등의 사회적 과제를 해결하기 위한 돌파구로 유럽의 신경제 전략으로 수립되었다. HORIZON2020은 전 유럽을 단일 연구지대(European Research Area: ERA)로 구축하고 이에 대한 연구재정지원을 위해 만들어진 프레임워크 프로그램(Framework Program, FP) 중 8번째 프로그램이다. 총사업기간은 2014년-2020년으로 786억 유로(약 98조 6천억원)가 투입되고 있으며 2018-2020년에 진행되는 프로그램에 300만 유로가 투입되고 있고 한국은 직접 연구를 수행하는 기관은 될 수 없으나 한국정부의 매칭자금에 신청할 수 있다.

- HORIZON2020은 Tackling global societal challenges, Supporting external policies, Strengthen excellence and competitiveness으로 연구와 혁신분야에서 EU 국제공동협력을 향상시키고 집중하는 것을 국제협력전략으로 하고 있다. HORIZON2020은 2018-2020년에 work program이 600개 이상의 주제로 국제협력연구에 기회를 제공하고 있으며 150개 이상의 주제는 특정국가에 한정되어 지원되고 있다.

-참고로 EU와 한국의 미래 협력을 위한 주요 분야는 ICT(5G technologies and systems, Internet of Things, Cloud computing, AI), Clean energy innovation, Advanced nanoelectronics, Nanosafety, Health and biomedical challenges, Applications for global navigation satellite system, Automated road transport, Innovation for disaster-resilient societies, Cryosphere research, Nuclear energy 분야이며 한국의 HORIZON2020참여는 에너지 분야가 3번째로 많다.

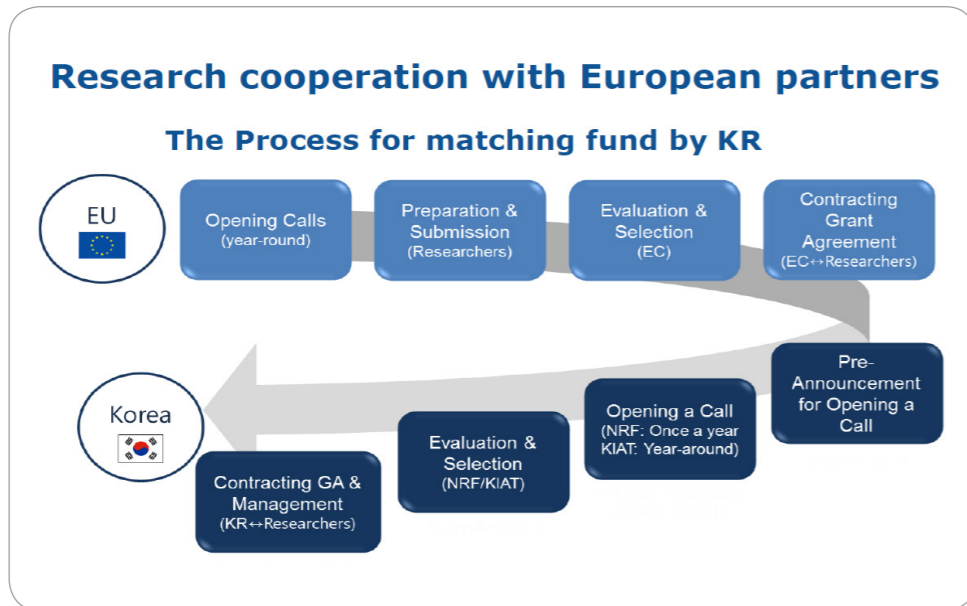


그림 1 한국과 유럽 파트너국가와의 연구협력 시스템 및 한국의 매칭펀드 대응 과정

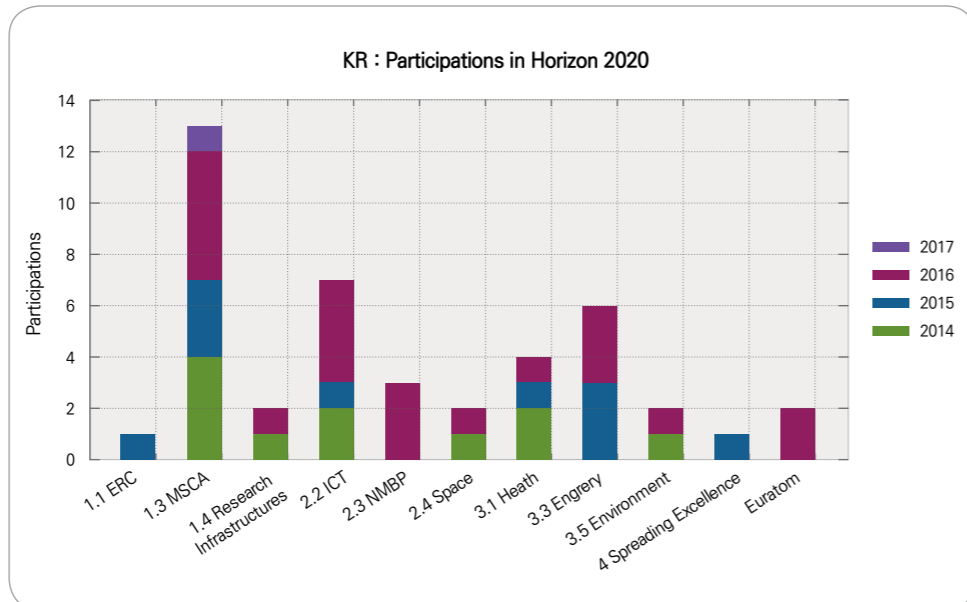


그림 2 HORIZON 2020에 참여하는 한국의 연구분야별 참여자 수

● 둘째, 영국 노팅엄 대학교 공동워크숍을 통해 바이오매스 기반 탄소소재의 이산화탄소 저장소재 응용 모색과 HORIZON2020 추진 가능성을 검토했다. 2018년 10월에 KIER-노팅엄대와 공동으로 'Biomass based Advanced Materials for Energy and Environmental Applications' 주제로 워크숍을 개최했다. 참석자 및 발표 주제는 노팅엄 대학측에서는 Colin Snape 교수, Chengong Sun 교수, Chang Keun Lee 방문연구원이 참여했고 한국에너지기술연구원에서는 한성욱, 김현욱, 이창근 박사가 바이오소재 기반의 탄소소재와 MOF 하이브리드 에너지저장용 에너지소재 및 CCU적용을 위한 환경소재 응용에 대한 발표를 했다. 또한, HORIZON2020 Calls에 대한 정보 공유 및 ACT 프로그램과 HORIZON2020 추진 협력방안에 대해 논의했다.

● 셋째, 영국 패러데이 연구소와 에너지저장 분야 공동 네트워크 구성 및 2020년 HORIZON 2020 에너지저장 분야 추진을 위한 네트워크 구축에 대한 논의했다.

- The Faraday Institution은 2017년에 영국의 전기화학 에너지과학기술 및 배터리 혁명을 위해 설립된 독립기관으로서 최고경영자는 Neil Morris로 약 33년 동안 에너지사업과 관련 경영의 경력을 보유하고 있다. 패러데이 연구소는 정부에서 0.8억 파운드 투자로 옥스퍼드 주에 설립된 배터리 기술연구소로서 영국 대학(7개), 기업들의 강점들을 활용한 virtual lab으로 2018년에 배터리 수명 연장, Multi-scale 모델링, 배터리 재활용(recycling) 및 재사용(reuse), 차세대 고체(solid state) 배터리 4개의 과제를 20개 대학, 30개 기업과 착수했다.

- 영국 패러데이 연구소의 최고경영책임자가 한국에너지기술연구원을 방문(2019.03.26.)해서 양 기관의 에너지저장 분야 연구개발 내용 공유 및 향후 배터리 R&D 협력분야에 대해 논의했고 또한, 본인이 영국 패러데이 연구소를 방문하여(2019.06.13.-06.14) HORIZON2020 추진을 위한 협력방안을 논의했다. 2019년 11월에 버밍엄에서 개최된 패러데이연구소 지원기관 전체 워크숍에 한국에너지기술연구원 전문가가 참여하여 기술 교류와 함께 이를 바탕으로 추후 HORIZON 관련 프로그램에 참여를 위한 계획을 구체화하기로 논의했다.



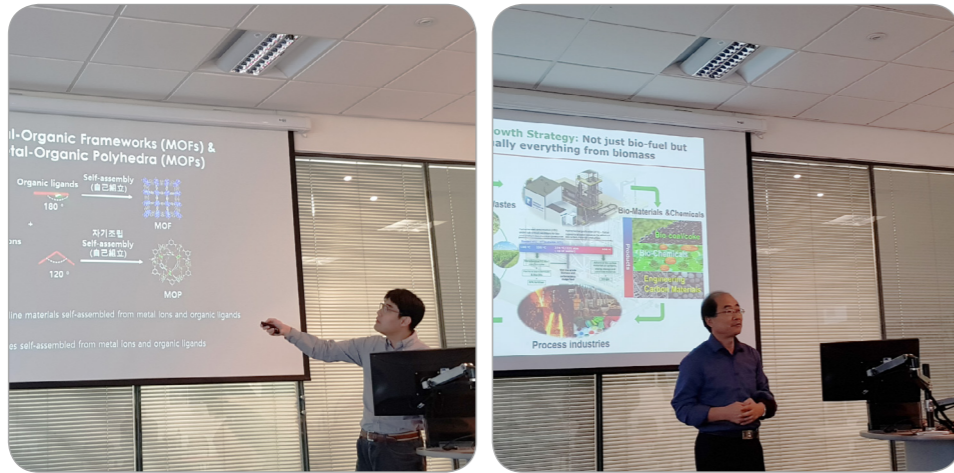


사진 6 KIER-Nottingham Univ. 공동 워크숍 프로그램 및 관련 사진



사진 7 The Faraday Institution 방문 및 네트워크

4

주요 산출물(정량적 및 정성적): 네트워크 현황, 주요 행사, 논문 및 특허 출원 현황 및 기타 정성적인 성과(기술 확보 등)

▶ 본 연구과제의 수행으로 바이오매스 기반의 나노 탄소소재 개발을 위한 한-EU간 R&D 네트워크 구축, 높은 효율성과 고기능의 나노 탄소소재 개발, 바이오매스 기반 고성능 나노 탄소소재 표면과 구조에 의한 반응성 연구, 고기능성 나노탄소소재의 에너지 환경 분야 응용에서 여러 연구결과 및 업적을 이루었고 구축된 한-EU간 네트워크와 협력 시스템을 통해 추후 바이오매스 기반 에너지 소재 및 응용기술 개발과 관련하여 국제공동 연구를 추진하기 위한 우수한 국제적인 네트워크를 구축할 수 있었다.

▶ 특히, 고기능성 나노탄소소재의 에너지 환경 분야 응용 연구에서는 왕겨 기반 MOF 하이브리드 탄소소재의 커패시터 전극소재 응용연구를 수행했고 우수한 연구업적을 이루었다. 즉, 쉽게 구할 수 있고 저렴한 왕겨와 높은 다공성과 규칙적인 두 개의 다른 금속 (Co/Mn)을 가진 MOF를 탄화된 왕겨의 채널 내부에서 실시간으로 성장시켜 MOF 하이브리드 탄화체 제조하고 이를 슈퍼커패시터용 전극물질로 개발했다. 연구결과는 Nature 자매지인 Scientific Reports에 게재되어 2019년도에 화학분야에서 가장 많이 다운로드 된 TOP 100 이내 우수논문으로 선정됐다. (Scientific Reports 2019)

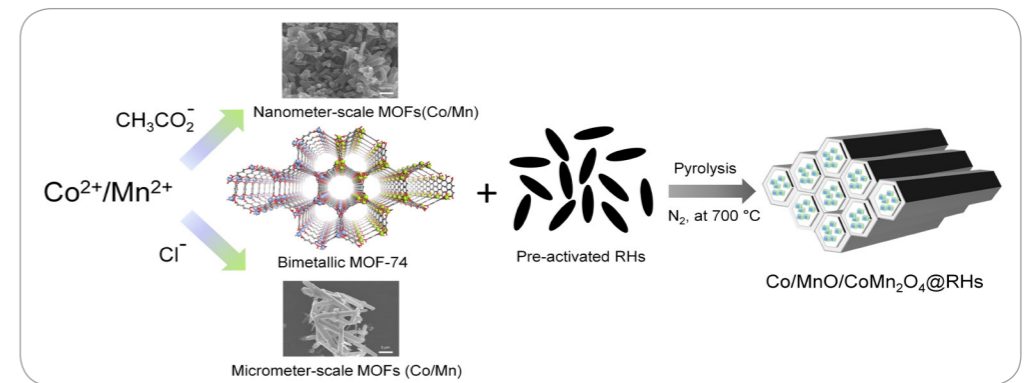


그림 3 MOF@왕겨로부터 유도된 Co/MnO/CoMn2O4@왕겨의 합성 개요



그림 4 Scientific Reports 화학분야 Top 100위 논문 선정

- ▶ 본 연구에서 얻어진 탄소소재와 MOF 융합기술은 현재 타 연구에의 응용으로 과학기술 정보통신부가 지원하는 글로벌프론티어사업 (메타금속-유기구조체 개발과 이를 이용한 에너지저장 (NP2019M3A6B3030636)에 연계하여 수행 중이다.
- ▶ 2018년 8월 23일에는 EKC에서 Progress Meeting of KIER-EUROPE Joint R&D Projects로 '바이오매스 기반 높은 효율성과 고기능의 나노 탄소소재 개발 기초연구'와 관련하여 'Functionalised Biomass Materials for Advanced Energy Conversion & Storage Applications' 내용을 옥스퍼드와 공동으로 발표했다.

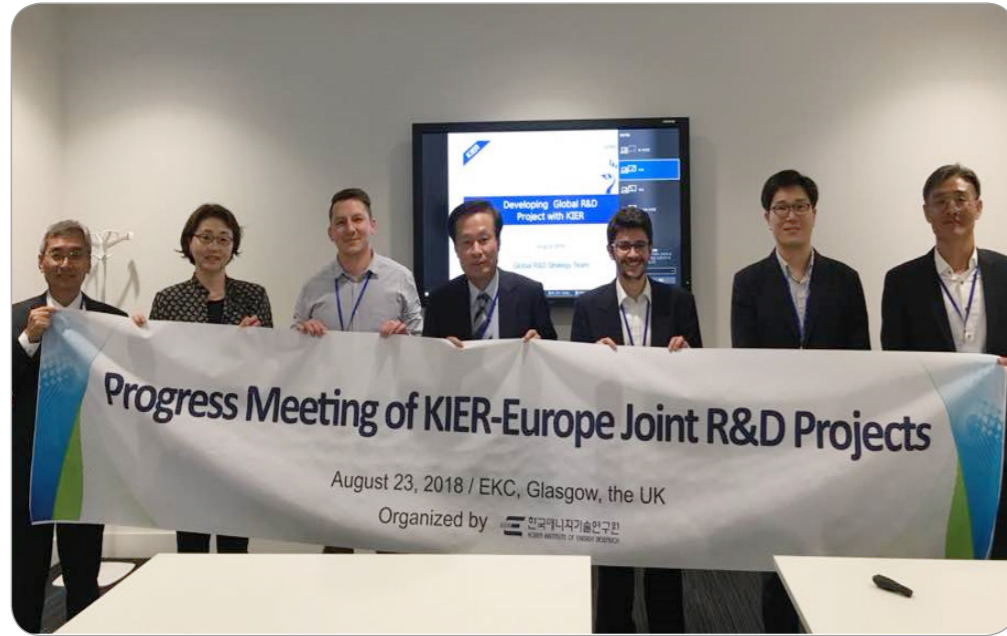


사진 8 Progress Meeting of KIER-EUROPE Joint R&D Projects 발표

5

참여시 고려사항 (한-EU 공동연구 수행의 장단점, 주의할 점 등)

- ▶ 과제연구책임자인 한성옥은 에너지기술평가원 글로벌협력사업, 한국에너지기술연구원의 국제협력기획사업 및 국제협력연구사업과 과기정통부 지원의 HORIZON2020 기획사업으로 옥스퍼드대 John Foord 교수와는 장기간 국제공동연구를 함께 수행했고 많은 업적을 공유하고 매우 우수한 협력시스템을 가지고 있다.

- ▶ 본 과제를 진행하는 동안에 영국에서는 브렉시트가 진행되었고 그 결과가 영국의 과학기술, 경제뿐만 아니라 EU과학기술에도 매우 큰 영향을 주어 HORIZON2020에 영국의 대학이나 기업체가 추후 참여하는 것이 어렵고 특히, 영국내의 과학기술 연구비도 급감할 것으로 예상되어 그동안 진행되고 있던 관련 정책, 기획의 변경이 불가피한 상황이었다.
- ▶ 어려운 상황에서도 한국에너지기술연구원과 옥스퍼드 대학은 국제협력사업 및 과학기술정통부 지원의 HORIZON2020 기획사업등 그동안의 협력연구와 협업시스템을 통해 HORIZON2020 사업 수주를 위해 계속해서 노력했고 이는 장기간의 글로벌협력 파트너십과 상호신뢰에 의해 가능했다.
- ▶ 이러한 국제공동연구 네트워크 형성 및 글로벌협력과제 추진은 단기간에 이루어지지 않고 장기간의 협력 및 이해를 통해 가능한 것으로 정부에서도 단기간의 성과보다는 결과 도출 과정 및 성과물의 중요성을 함께 고려할 필요가 있고 중장기적인 글로벌 협력 시스템의 계획수립과 수행이 중요한 것으로 여겨진다.
- ▶ 한국의 과학기술분야, 특히 에너지와 재료 분야에서는 세계 선진국과 함께 기술공유 및 기여가 가능한 과학기술 발전이 있는 것으로 판단되며 따라서 글로벌 네트워크 차원에서 상호 보완 및 협력할 수 있는 시스템으로 정부의 계획수립이 필요한 것으로 판단된다.
- ▶ 국제협력연구 및 국제공동연구에서는 효율적인 상호 인력교류에 의해 단기간에 좋은 연구실험 결과 및 업적을 낼 수 있어 정부는 활발한 인력교류를 통해 공동연구가 수행될 수 있는 프로그램의 확대와 HORIZON EUROPE등 국제협력연구에 참여가 가능하도록 보다 적극적인 지원이 필요하다.
- ▶ 이외에도 국제협력연구에서는 서류 작업에 기반하여 모든 진행이 이루어지므로 연구 계획서, 실험결과서, 업적물, 회의록 등 관련 서류를 신중히 잘 작성하고 이에 따른 실행을 하는 것이 매우 중요하다. 연구책임자 및 기관과의 국제협력사업 합의문서, 회의록 등을 매우 중요한 의미를 가지며 특히, 외국의 경우는 동의를 거친 문서에 100% 신뢰성을 보인다.
- ▶ 따라서 국가 간의 협력연구 혹은 공동연구는 신뢰와 규칙에 따라 정상적으로 원활하게 진행될 수 있으며 특히, 문서상으로 상호 정한 내용은 큰 영향을 가지기 때문에 특히, 국익과 관련된 경우에는 문서상으로 증빙자료를 준비해둘 필요가 있다.

6 기관 및 연구책임자 소개

» 한국측 기관 및 연구책임자

- 한국에너지기술연구원은 1977년에 과학기술분야 정부출연연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률의 설립근거에 따라 설립되었으며 에너지기술 분야의 연구개발 및 성과확산 등을 통해 국가 성장동력 창출과 국민경제 발전에 기여함을 목적으로 한다. 에너지효율향상 연구개발, 신·재생에너지 연구개발, 이산화탄소 처리 및 이용 연구개발, 화석에너지 청정이용 연구개발, 에너지관련 융·복합 연구개발, 중소·중견기업 등 관련 산업계 협력·지원과 기술사업화, 주요 임무분야의 전문인력 양성 및 관련 기술정책 수립 지원등의 주요임무 및 기능을 가진다.
- 한성옥은 한국에너지기술연구원에서 34년 동안 과기정통부 프론티어연구개발사업, 국제공동연구사업, 산업부 에너지절약기술개발사업, 국제공동연구사업, 대덕특구연구사업, 한국에너지기술연구원 주요사업 등 국가연구개발사업에서 에너지절약 및 친환경특성을 가진 에너지소재 개발 연구를 창의적이고 성공적으로 수행했다. 우수한 연구수행에 의해 최근 10년간 우수잡지 논문게재 26건, 국내·외 특허등록 53건, 특허출원 18건, 저서(chapter) 2건, 국외논문발표 46건등의 업적과 함께 에너지·환경 분야 신소재 개발에 기여했다.

» 영국측 기관 및 연구책임자

- 옥스퍼드 대학은 풍력, 이차전지, 연료전지 등 에너지 분야의 전문가들이 주로 기초연구분야를 많이 수행하고 있으며 탁월한 연구진과 업적을 가지고 있다. 특히, 에너지저장, 데이터 분석, 나노기술, 이차전지, 나노카본소재, 양자점 응용, 유기전자/에너지, 다기능 기공소재 분야에서 우수한 연구진과 연구업적을 가지고 있다. 특히 이론적인 배경이 매우 강하고 실험접근 방법이 매우 기술적이며 체계적으로 진행되어 결과분석의 신뢰성과 함께 옥스퍼드 대학의 전문가들은 우수한 시설과 전문성으로 세계적으로 탁월한 업적을 내고 있다. 세계 최고우수대학으로 인정되어 세계 각국으로부터 우수한 인재들이 많이 모이고 있는 점도 옥스퍼드 대학의 큰 장점이라고 할 수 있다.
- John Foord 교수는 현재 옥스퍼드 대학 화학과 교수로서 많은 연구업적과 함께 표면 화학 분야의 대형그룹을 이끄는 그룹리더로 활동하였다. 현재 Full professor로서 223편 이상의 우수한 논문 업적과 함께 표면 재료 화학 연구그룹의 리더로 활동하고 있다. 옥스퍼드대 John Foord 교수는 슈퍼커패시터등의 에너지저장소재, 연료전지, 물 분해 수소생산 등 에너지환경 분야에서 다양한 경험과 우수한 연구업적을 가지고 있으며 HORIZON2020 프로젝트인 DIACAT (Diamond materials for the photocatalytic conversion of CO2 to fine chemicals and fuels using visible light)의 주요 연구책임자로서 활동하며 다양한 국가 간의 우수한 네트워크를 구축하고 있다.

7 기타

» 본 연구는 영국의 브렉시트와 같이 어려운 환경에서도 옥스퍼드대학교와 국제공동연구를 성실히 수행하여 좋은 연구업적을 도출하고 한국-EU 간 다양한 기관과 국제적인 네트워크를 훌륭하게 구축하는 등 우수한 연구성과 도출에 의해 A 평가등급을 받았다.

» 본 연구사업의 후속 추진으로 2019년 11월에 패러데이 연구소 주관 250여명의 연구책임자가 참여하는 워크숍에 참석하여 본 연구결과의 소개와 함께 에너지저장 분야의 국제네트워크를 구성하고 HORIZON2020 Future 및 다른 EU주관 공동연구 참여에 대해 논의했다. 2020년 이후에도 국제공동연구 및 국제협력 네트워크 구축에서 지속적으로 상호 협력할 예정이며 추후 정부의 국제협력 및 네트워크 관련 연구 사업에 신청할 계획이다.

» The Faraday Institution 소개

- The Faraday Institution은 2017년에 영국의 전기화학 에너지과학기술 및 배터리 혁명을 위해 설립된 독립기관으로서 최고경영자는 Neil Morris로 약 33년 동안 에너지사업과 관련 경영의 경력을 보유하고 있다. The Faraday Institution은 4년간 246백만 파운드(약 3,600억원)를 영국 내 대학, 연구기관 및 기업 연합체에 지원하고 있음 분야는 영국 내 대학과 기업들의 연구, 장비 지원, 학생 교육 제공 및 새로운 연구 분야의 기획과 함께 연구 관리를 총괄적으로 지원하고 있다.
- 지원 중인 주요 연구 및 관심분야는 배터리 내구성 향상을 위한 재료 특성분석, 배터리 시스템 모델링, 배터리 재활용 및 재사용, 미래 전지 개발로 현재 치약과 같은 고체 배터리 개발의 각 분야에 대한 연구개발을 지원하고 있다.



그림 5 패러데이 연구소 산학 파트너